

УДК 504.45.058; 504.4.054; 504.064; 574.587(26): 574.64

КП 87.19.03

№ держреєстрації 0119U103483

Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
НДУ “УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР ЕКОЛОГІЇ МОРЯ” (УкрНЦЕМ)

65009, м.Одеса-9, Французький бульвар, 89; тел. (0482) 63 66 22; факс (0482) 63 66 73;

e-mail: aceem@te.net.ua, www.sea.gov.ua



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор УкрНЦЕМ

канд. геогр. наук, старш. наук. співроб.

В. М. Коморін

2021 р.

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

Оцінка та діагноз екологічного стану довкілля Чорного моря в межах виключної
морської економічної зони України у 2020 році

ОЦІНКА ЯКОСТІ МОРСЬКОГО ДОВКІЛЛЯ МЕТОДАМИ
БІОТЕСТУВАННЯ ТА БІОІНДИКАЦІЇ

Том 4

Науковий керівник:

заступник директора – начальник морського
інформаційно-аналітичного центру,
канд. геогр. наук

 В. В. Український

2020

Рукопис закінчено 28 грудня 2020 р.

Результати роботи розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ, протокол
від 23 01 2021 р. № 1

СПИСОК АВТОРІВ

Відповідальні виконавці:

Завідувач сектору

біологічних методів

оцінки якості морських вод

RS-
28.12.2020

Л. Л. Красота

(вступ;

розділи 1, 2, 3, 4;

висновки)

Наук. співроб.

сектору біологічних методів

оцінки якості морських вод

RVf
28.12.2020

О. В. Рачинська

(розділи 1, 2, 5;

висновки;

додаток А)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР:103 с., 24 табл., 12 рис., 1 дод., 78 джерел.

ЧОРНЕ МОРЕ, ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН, БАЗОВА ОЦІНКА ТА ДІАГНОЗ, БІОТЕСТУВАННЯ, БІОІНДИКАЦІЯ, ГІДРОБІОНТИ РІЗНИХ СИСТЕМАТИЧНИХ РІВНІВ.

Об'єкт дослідження – водні масиви північно-західної частини Чорного моря, різні за рівнем та характером антропогенного навантаження.

Мета роботи – базова оцінка екологічного стану чорноморського довкілля в межах виключної морської економічної зони України за методами біотестування та біоіндикації з використанням гідробіонтів різних систематичних рівнів.

Головні завдання науково-дослідної роботи впродовж 2020 року:

- провести дослідження якості середовища прибережних чорноморських районів (відповідно до Дескрипторів 6 і 8 Додатку 1 Рамкової Директиви про морську стратегію 2008/56/ЄС та Додатку V Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЄС) та визначення доброго екологічного стану за показниками розвитку різних за чутливістю тест-об'єктів та організмів-моніторів;

- здійснити порівняльну оцінку змін екологічного стану довкілля різних за антропогенним навантаженням морських прибережних акваторій у 2020 році та відносно результатів досліджень якості середовища Чорного моря у минулі роки;

- здійснити поширення та уточнення базової оцінки якості чорноморського довкілля за методами біотестування та біоіндикації.

Звіт з оцінкою та діагнозом екологічного стану довкілля Чорного моря за методами біотестування та біоіндикації (з використанням тест-об'єктів та організмів-моніторів різних систематичних рівнів) містить порівняльні оцінки якості середовища морських акваторій за результатами їх досліджень впродовж 2020 року та у ретроспективному огляді змін екологічного стану довкілля чорноморських водних масивів, що є інформаційними для прийняття управлінських рішень, екологічної освіти населення, тощо.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	5
ВСТУП.....	6
1 ОЦІНКА ЯКОСТІ МОРСЬКОГО ДОВКІЛЛЯ МЕТОДАМИ БІОТЕСТУВАННЯ ТА БІОІНДИКАЦІЇ.....	7
2 МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЯКОСТІ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА.....	9
3 БІОТЕСТУВАННЯ ЯКОСТІ ВОД ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ РОЗВИТКУ ЛИЧИНОК МІДІЙ.....	16
4 БІОТЕСТУВАННЯ ЯКОСТІ ДОВКІЛЛЯ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ СТАНУ ДОРΟΣЛИХ МІДІЙ.....	31
4.1 Оцінка якості морського середовища за показником стабільності лізосомальних мембран клітин гемолімфи мідій.....	32
4.2 Оцінка якості морських вод за показником інтенсивності фільтрації води мідіями.....	36
4.3 Оцінка якості морського довкілля за показником інтенсивності дихання мідій.....	39
5 БІОІНДИКАЦІЯ ЯКОСТІ ДОВКІЛЛЯ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ СТАНУ МІКРОФІТОБЕНТОСУ.....	43
5.1 Оцінка якості морського середовища за показниками розвитку бентосних мікрофітів	44
5.2 Оцінка екологічного стану довкілля чорноморських водних масивів за шкалами трофності та сапробності мікрофітобентосу.....	63
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	71
ДОДАТОК А ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД МІКРОФІТОБЕНТОСУ ВОДНИХ МАСИВІВ ЧОРНОГО МОРЯ.....	81

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ДЕС – Добрий екологічний стан

НДР – науково-дослідна робота

ПЗЧМ – північно-західна частина Чорного моря

УкрНЦЕМ – Український науковий центр екології моря

ЧМ – Чорне море

CW – прибережні води (coastal waters)

MSFD – Рамкова Директива про морську стратегію (Marine Strategy Framework Directive)

TW – транзитні (перехідні) води (transitional waters)

WFD – Водна Рамкова Директива (Water Framework Directive)

ВСТУП

Підставами для виконання даної науково-дослідної роботи (НДР) були:

- Статут Українського наукового центру екології моря (УкрНЦЕМ);
- Бюджетний запит УкрНЦЕМ на 2020 рік;
- План НДР УкрНЦЕМ на 2020 рік;
- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» [1];
- Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» [2];
- Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» [3];
- Постанова Кабінету Міністрів України «Концепція охорони та відтворення навколишнього природного середовища Азовського і Чорного морів» [4];
- Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [5];
- Постанова Верховної Ради України «Водний Кодекс України» [6];
- Стратегічний план дій щодо відтворення та захисту Чорного моря (1996) [7];
- Закон України «Про ратифікацію Угоди про партнерство і співробітництво між Україною і Європейськими Співтовариствами та їх державами-членами» [8];
- Водна Рамкова Директива (WFD) [9];
- Морська стратегічна рамкова директива (MSFD) [10].

Використання у системі морського моніторингу біологічних показників є однією з вимог у вищезазначених документах. Оцінка ступеню та характеру забруднення водного середовища здійснюється за допомогою тріади методів – біотестування, методів аналітичної хімії та біоіндикації [11]. Оцінка якості морського середовища за біологічними методами здійснюється більш інтегральними та дешевшими, ніж хімічні, методами досліджень. Біотестування та біоіндикація якості морського довкілля в цій роботі проводилися за показниками стану бентосних організмів (мідій різних стадій розвитку і мікрофітів).

1 ОЦІНКА ЯКОСТІ МОРСЬКОГО ДОВКІЛЛЯ МЕТОДАМИ БІОТЕСТУВАННЯ ТА БІОІНДИКАЦІЇ

Оцінка відгуку гідробіонтів на дію морського довкілля, в якому містяться біодоступні полютанти, дає інформацію, яку неможливо отримати під час аналізів вмісту токсикантів в середовищі або в організмі. Прямі і непрямі взаємодії забруднюючих речовин та їхніх метаболітів в довкіллі і організмі, синергічні та антагоністичні дії токсикантів знаходять відображення у реакціях гідробіонтів – тест-об'єктів та організмів-індикаторів [11]-[15].

Біотестування і біоіндикація – сучасні інтегральні способи з оцінки якості водного довкілля. Вони дозволяють досліджувати ряд істотних чинників: наявність у воді токсичних речовин, які неможливо виявити без проведення дорогих хімічних аналізів, а також всілякі варіанти взаємодії хімічних речовин з досліджуваними біологічними об'єктами.

Токсичність морського довкілля визначається за допомогою тест-об'єктів – живих «датчиків», що сигналізують про небезпеку. Тест-організмами можуть бути водорості, ракоподібні, молюски, риби та інші організми [11]-[13].

Як організми-монітори дуже зручні гідробіонти, які не можуть залишити місце свого мешкання, тобто прикріплені бентосні водорості, двостулкові молюски й інші малорухомі, здебільшого донні, істоти. Їхні організми в повній мірі відчують вплив навколишнього середовища (як чистого, так і забрудненого) і за певними показниками (фізіолого-морфологічними, систематичними, кількісними, галобіонтними, сапробіологічними, тощо) інформують дослідників про якість довкілля.

Чорноморська мідія (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck), яка є біофільтратором і веде осілий спосіб життя, дуже підходить для використання не тільки в якості організма-індикатора, а й як тест-об'єкта при проведенні оцінки екологічного стану морського середовища [14]-[16].

На клітинному рівні інформативним показником стану «здоров'я» мідій є стабільність мембран лізосом клітин гемолімфи молюсків, а руйнування лізосомальної мембрани – це практично універсальний маркер стресу.

На організмовому рівні реакції мідій на зміни якості навколишнього середовища відображають показники інтенсивності дихання і фільтрації молюсків, які є основними характеристиками їхнього обміну речовин.

Морфогенез личинок мідій (на ранніх стадіях розвитку) у чистій чи забрудненій (у різному ступені) воді – значно чутливіший показник з оцінки стану морського довкілля, ніж фізіолого-морфологічні показники цих дорослих мітілід.

Використання чорноморських мідій на різних стадіях їхнього розвитку дозволяє встановити наявність як незначних, так і суттєвих змін екологічних характеристик стану навколишнього середовища.

Біоіндикацію якості морського середовища на популяційному (біоценотичному) рівні досліджують за видовим розмаїттям, показниками кількісного розвитку індикаторних гідробіонтів та їх угруповань, екологічною різноманітністю організмів-моніторів (з урахуванням життєвих форм, галобіонтного та сапробіонтного складів, наявності та кількості морфологічних аномалій особин) [15], [17]-[21].

Водорості мікрофітобентосу, які інтенсивно розвиваються на природних і штучних субстратах, чутливо реагують на зміни екологічного стану морського середовища і посідають важливе місце серед спільнот організмів-моніторів з оцінки якості довкілля методами біоіндикації [22]-[24].

2 МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЯКОСТІ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

В літній та осінній періоди 2020 року об'єктами досліджень якості довкілля були водні масиви північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ), різні за характером і ступенем антропогенного навантаження (рис. 1). Оцінку якості морського середовища проводили за методами біотестування та біоіндикації.

Проби прибережних мезогалінних вод та мікрофітобентосу відбирались, здебільшого, в Дністровському районі ПЗЧМ у водних масивах (далі CW):

- CW4 – на пляжі бази відпочинку «Альбатрос» (сmt Затока, координати $46^{\circ}04,126'$ пн. ш. та $30^{\circ}27,850'$ сх. д.);

- CW5 – на умовно-чистій в минулі роки акваторії (біля мису Малий Фонтан [16], [24]), координати $46^{\circ}26,311'$ пн. ш. та $30^{\circ}46,342'$ сх. д.), у місці значного рекреаційного навантаження (пляж «Аркадія», координати $46^{\circ}25,644'$ пн. ш. та $30^{\circ}46,103'$ сх. д.), впливу господарсько-побутових (Дача Ковалевського, координати $46^{\circ}22,043'$ пн. ш. та $30^{\circ}43,823'$ сх. д.) та санаторних стоків (район санаторію ім. Чкалова, координати $46^{\circ}26,623'$ пн. ш. та $30^{\circ}46,321'$ сх. д.), дренажних вод (пляж «Дельфін», координати $46^{\circ}27,104'$ пн. ш. та $30^{\circ}46,156'$ сх. д.).

У Дніпро-Бузькому районі ПЗЧМ відбір цих проб здійснили у прибережних водних масивах:

- CW6 – у місцях суттєвого рекреаційного навантаження (Лузанівка I, координати $46^{\circ}33,169'$ пн. ш. та $30^{\circ}46,100'$ сх. д., і Лузанівка II, координати $46^{\circ}32,924'$ пн. ш. та $30^{\circ}45,502'$ сх. д.) та з акваторії із значною кількістю портових операцій (Одеський порт, координати $46^{\circ}29,648'$ пн. ш. та $30^{\circ}44,957'$ сх. д.);

- CW7 – у місцях помірного рекреаційного навантаження (пляжі м. Южне, координати $46^{\circ}36,959'$ пн. ш. та $31^{\circ}06,522'$ сх. д., та бази відпочинку «Кипарис» (біля с. Коблеве), координати $46^{\circ}37,614'$ пн. ш. та $31^{\circ}10,558'$ сх. д.).

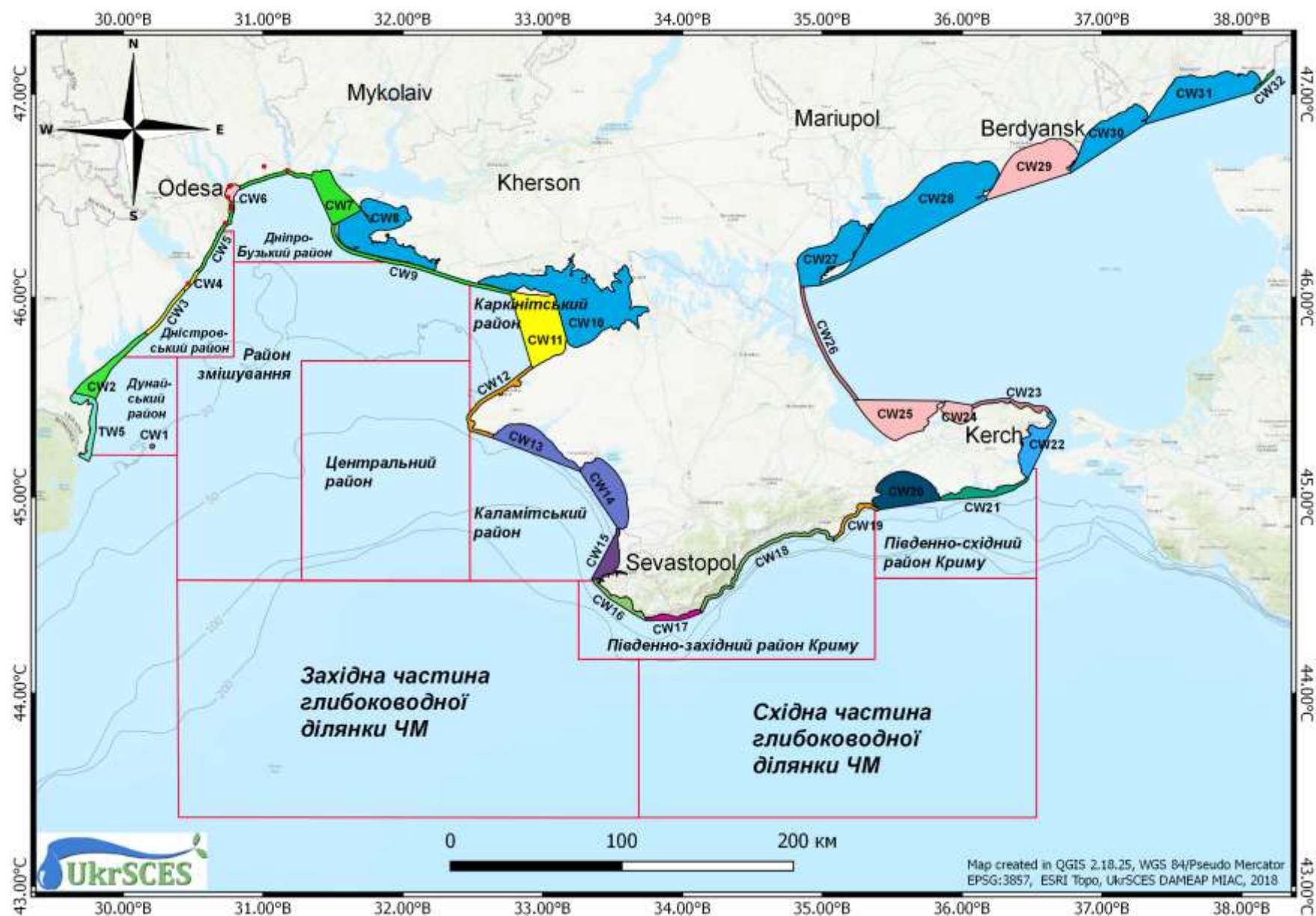


Рисунок 1 – Схема розташування водних масивів та районів досліджень української частини Чорного моря (ЧМ)

Біотестування якості довкілля водних масивів ПЗЧМ було проведено на личинках чорноморських мідій ранніх стадій розвитку та дорослих двостулкових (розміром від 45 мм до 50 мм).

Для дослідження екологічного стану морського середовища за показниками морфогенезу личинок мідій була застосована «Методика оцінки якості морської води з використанням ранніх стадій розвитку ембріонів чорноморських мідій (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck)», яка придатна як для біотестування, так і для біоіндикації якості морського довкілля [16].

Цей метод оцінки якості води характеризується як дуже чутливий та високоілюстративний, але має визначені сезонні обмеження в застосуванні через те, що цілком залежить від періодів розмноження використаних молюсків. Тому він застосовується у весняно-літній і в літньо-осінній періоди року та базується на вивченні аномалій у розвитку личинок мідій у їхній планктонній фазі на стадіях трохофор і продіссоконхів у морських водах різного ступеню забруднення [25]-[27].

На базі критеріїв Woelke з оцінки токсичності морського середовища для личинок двостулкових молюсків [28], запропонованих у 1965 році, та власних багаторічних досліджень якості чорноморських вод (при їх біотестуванні на личинках мідій ранніх стадій розвитку) були розроблені класи екологічного стану вод [29] з метою оцінки якості морського довкілля (табл. 1).

Таблиця 1 – Оцінка екологічного стану довкілля водних масивів Чорного моря за показником утворення нормальних личинок мідій при біотестуванні якості вод (у %)

Клас екологічного стану вод		1	2	3	4	5
		Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Поганий (bad)
Водні масиви	Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
	Нормальні личинки, %	90,0-100,0	50,0-90,0	15,0-50,0	5,0-15,0	0,0-5,0

Оцінка якості морського середовища за показником стабільності лізосомальних мембран клітин гемолімфи мідій була проведена за «Методикою оцінки якості морської води з використанням показника часу утримання нейтрального червоного лізосомами клітин гемолімфи мідій (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck)» [16]. Ця методика застосовується у біологічному моніторингу для біотестування та біоіндикації морського середовища з використанням гемолімфи дорослих чорноморських мідій.

Метод базується на оцінці стану «здоров'я» мідій за показником часу утримання токсичного барвника (нейтрального червоного) лізосомами клітин гемолімфи двостулкових молюсків. У здорових мідій лізосоми утримують барвник довше, ніж в ослаблених, руйнування лізосомальних мембран яких настає через коротший час після проникнення токсиканту в ці органели [30]-[33].

Враховуючи розроблені нами раніше критерії оцінки якості морського довкілля за показником стабільності лізосомальних мембран чорноморських мідій [16] та результати власних досліджень з оцінки екологічного стану морського довкілля (за десять років) на базі показнику лізосомальної стабільності клітин гемолімфи мідій, були розроблені певні класи екологічного стану вод, які визначаються при біотестуванні якості водних мас за вищезазначеними характеристиками кроволімфи дорослих мідій [29] (табл. 2).

Таблиця 2 – Оцінка екологічного стану довкілля водних масивів Чорного моря за показником стабільності мембран лізосом клітин гемолімфи мідій (у хв)

Клас екологічного стану вод		1	2	3	4	5
		Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Поганий (bad)
Водні масиви	Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
	Лізосомальна стабільність, хв	150,0-180,0	120,0-150,0	60,0-120,0	30,0-60,0	0,0-30,0

Показник інтенсивності фільтрації мідіями вод також був використаний для проведення оцінки якості досліджуваного морського середовища. Біотестування якості довкілля здійснювалося за «Методикою оцінки якості морської води з використанням показника характеру фільтрації води чорноморськими мідіями (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck)» [16].

В основу методу покладена оцінка фізіологічного стану мідій за показником характеру фільтрації ними морської води в динаміці.

Фільтраційний процес у здорових мідій протікає активно. В ослаблених і пригноблених (під впливом забрудненого середовища) молюсків цей процес загасає, аж до повного припинення [34]-[37].

За «Методикою оцінки якості води з використанням показника інтенсивності дихання водних організмів» [16] протягом року проводили моніторинг стану водного середовища по показниках дихання дорослих чорноморських мідій. Ця методика пристосована для біотестування і біоіндикації водного довкілля з використанням різних живих гідробіонтів. В основу методики покладено оцінку якості морського середовища за динамікою змін інтенсивності дихання гідробіонтів (одного з основних показників обміну речовин в організмі) під час перебування у досліджуваному водному середовищі [38]-[40].

Біоіндикація якості морського середовища здійснювалась з використанням угруповань водоростей мікрофітобентосу. Проби мікрофітів для визначення якості довкілля досліджуваних ділянок моря відбирали та обробляли за загальноприйнятими методиками [18], [41]-[43]. У кожній акваторії мікроводорості відбирали з поверхонь всіх наявних видів субстратів: пухких (пісок) та твердих (бетон, граніт, черепашник, залізо, стулки мідій). Мікроскопічну обробку проб виконували згідно з вимогами відповідних методик [44]-[45]. Назви систематичних груп мікроводоростей вказували за загальноприйнятою у світовій практиці системою класифікації [46]-[49]. При обробці проб враховували не тільки суто бентосні водорості, а й наявність у складі мікрофітобентосу планктонних та бенто-планктонних форм.

Враховуючи, що трофність водних об'єктів та сапробність організмів мікрофітобентосу взаємопов'язані з їх видовим складом та чисельністю, була розроблена оцінка екологічного стану довкілля водних масивів ПЗЧМ:

- за шкалою та класами трофності [50] і за результатами власних десятирічних досліджень загальної чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів (табл. 3);
- за кількістю α -мезосапробних видів (показників значного органічного забруднення [19]) у спільноті мікрофітобентосу впродовж десятиріччя (табл. 4).

Таблиця 3 – Оцінка екологічного стану довкілля водних масивів за шкалою та класами трофності [50] по показниках чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів (млн. кл/м²)

Клас екологічного стану вод		1	2	3	4	5
		Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Поганий (bad)
Водні масиви	Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
	Класи трофності	Оліго-трофний	Мезо-трофний	Ев-трофний	Полі-трофний	Гіпер-трофний
	Чисельність, млн. кл/м ²	0,10·10 ³ - 0,49·10 ³	0,50·10 ³ - 14,99·10 ³	15,00·10 ³ - 49,99·10 ³	50,00·10 ³ - 199,99·10 ³	≥200,0·10 ³

Таблиця 4 – Оцінка екологічного стану довкілля водних масивів за шкалою та рівнем сапробності [19] по показниках кількості видів α -мезосапробів у мікрофітобентосі твердих субстратів

Клас екологічного стану вод		1	2	3	4	5
		Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Поганий (bad)
Водні масиви	Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
	Рівень сапробності	Оліго-сапробний	β -мезо-сапробний	α -мезо-сапробний	Полі-сапробний	Гіпер-сапробний
	Кількість α -мезосапробних видів, од.	0,0-1,0	2,0-4,0	5,0-7,0	8,0-10,0	≥11,0

Згідно з WFD, важливими параметрами в моніторингових дослідженнях водної флори можуть бути присутність або відсутність індикаторних видів. Зокрема, оцінка екологічної якості довкілля за кількістю α -мезосапробних видів у спільноті мікрофітобентосу чітко відображує ступінь евтрофікації морських водних масивів.

Під час відбору проб води і гідробіонтів систематично вимірювались показники температури та солоності води у досліджуваних акваторіях.

Отримані результати з біотестування та біоіндикації якості морського довкілля були статистично оброблені [51].

З БІОТЕСТУВАННЯ ЯКОСТІ ВОД ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ РОЗВИТКУ ЛИЧИНОК МІДІЙ

Ранній ембріогенез морських безхребетних із зовнішнім заплідненням – найбільш чутливий етап розвитку цих організмів [52]. У 2020 році було проведено біотестування якості вод антропогенізованих і умовно чистих прибережних акваторій ПЗЧМ за методикою оцінки стану водного довкілля з використанням морфологічних показників розвитку личинок *M. galloprovincialis* на стадіях трохофор та продіссоконхів [16] (див. 2).

Влітку 2020 року температура прибережних поверхневих водних мас досліджуваних масивів становила 20,0-21,7°C, а восени – 19,0-21,2°C. Солоність прибережних вод літом перебувала у діапазоні 16,00-16,83 ‰, а в осінній сезон спостережень – 13,77-15,67 ‰. Тобто, ці найважливіші гідрологічні показники морського довкілля, що впливають на розвиток чорноморських гідробіонтів, знаходились в межах екологічної норми.

Проби прибережних вод були відібрані в Дністровському районі ПЗЧМ у водних масивах (див. 2 та рис. 1):

- SW4 – на пляжі бази відпочинку «Альбатрос» (сміт Затока);
- SW5 – на умовно-чистій акваторії в Одеській затоці, прилеглий до мису Малий Фонтан, у місцях значного рекреаційного навантаження (пляж «Аркадія»), впливу господарсько-побутових (Дача Ковалевського) і санаторних стоків (район санаторію ім. Чкалова) та дренажних вод (пляж «Дельфін»).

У Дніпро-Бузькому районі ПЗЧМ відбір таких проб провели у водних масивах:

- SW6 – у місцях суттєвого рекреаційного навантаження (Лузанівка I та II) та з акваторії із значною кількістю портових операцій (Одеський порт);
- SW7 – на пляжах м. Южне та бази відпочинку «Кипарис» (поблизу с. Коблеве).

З прибережжя мису Малий Фонтан були відібрані дорослі *M. galloprovincialis* для отримання статевих продуктів, а з них – і здорових личинок мідій для проведення біотестування досліджуваних вод.

У таблиці 5 наведені результати біотестування якості прибережних вод ПЗЧМ у літній сезон 2020 року. Під час досліджень якості вод Одеського прибережжя 100 % трохофор перетворилися у протосоконхів.

Влітку 2020 року екологічні характеристики досліджених вод значно покращилися порівняно з торішніми (у всіх протестованих водах утворилося нормально сформованих личинок у 6,0-6,6 рази більше).

Кращими, в екологічному розумінні, серед протестованих влітку морських вод були довкілля пляжу «Аркадія» та акваторії біля мису Малий Фонтан (у водах яких утворилося по 52,7 % тест-об'єктів нормальної морфології). Вони відповідали екологічному класу вод «добрий», а середовища ділянки моря, прилеглої до санаторію ім. Чкалова, та пляжу «Дельфін» – класу «задовільний» (табл. 6).

Повністю загинули всі 100 % личинок лише при тестуванні розпріснених поверхневих вод з місця систематичного безпосереднього потрапляння (тобто у 7 м від труби скиду) стоків санаторію ім. Чкалова ще в перші години експозиції (див. табл. 5).

Восени біотестування якості довкілля різних за антропогенним навантаженням водних масивів ПЗЧМ на личинках мідій виявило, що екологічні властивості досліджених вод впродовж 2020 року в цілому значно покращилися і їхня якість зростала в ряду: CW7 → CW6 → CW5 → CW4 (табл. 7 та див. табл. 5). Осінню 2020 року найкращим екологічним станом (за показником відсотку утворених личинок мідій нормальної морфології) характеризувалися довкілля ряду ділянок з водних масивів: CW5 (Дача Ковалевського – 67,2 %, район мису Малий Фонтан – 65,2 %, пляжі «Дельфін» і «Аркадія» – 64,3 % та 61,6 %, відповідно), CW4 (пляж бази відпочинку «Альбатрос» в Затоці – 60,6 %) та CW6 (Одеський порт – 51,6 %). За визначеним станом вищенаведені середовища ділянок водних масивів (вперше за майже 20 років моніторингових досліджень

Таблиця 5 – Розвиток личинок чорноморських мідій при біотестуванні якості довкілля прибережжя ПЗЧМ
влітку 2020 року (у %)

Личинки мідій		Літній період року			
		Пляж «Дельфін» (зона змішування) (CW5)		Пляж «Аркадія» (CW5)	
		$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.
Трохофори	нормальні	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	аномальні	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	Всього	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
Продісоконхи	нормальні	44,0 ± 0,25	0,57	52,7 ± 0,84	1,59
	аномальні	43,2 ± 0,38	0,88	30,2 ± 0,25	0,83
	мертві	12,7 ± 0,08	0,63	17,1 ± 0,67	3,92
	Всього	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00

Кінець таблиці 5

Личинки мідій		Літній період року					
		Мис Малий Фонтан (CW5)		Прибережжя сан. ім. Чкалова (7 м від труби скиду) (CW5)		Прибережжя сан. ім. Чкалова (зона змішування) (CW5)	
		$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.
Трохофори	нормальні	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	аномальні	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	Всього	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
Продісоконхи	нормальні	52,7 ± 0,67	1,27	0,0 ± 0,00	0,00	36,4 ± 0,21	0,58
	аномальні	40,8 ± 0,17	0,42	0,0 ± 0,00	0,00	56,2 ± 0,17	0,30
	мертві	6,6 ± 0,21	3,18	0,0 ± 0,00	0,00	7,4 ± 0,21	2,84
	Всього	100,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00

Таблиця 6 – Оцінка екологічного стану довкілля водних масивів
по показниках морфогенезу личинок мідій при
біотестуванні якості вод ПЗЧМ у 2020 році (%)

Клас екологічного стану вод		1	2	3	4	5
		Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Поганий (bad)
Водні масиви	Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
	Нормальні личинки, %	90,0-100,0	50,0-90,0	15,0-50,0	5,0-15,0	0,0-5,0
Пляж смт Затока (CW4)	Літній сезон					
	Осінній сезон		60,6			
Дача Ковалевського (CW5)	Літній сезон					
	Осінній сезон		67,2			
Пляж «Аркадія» (CW5)	Літній сезон		52,7			
	Осінній сезон		61,6			
Мис Малий Фонтан (CW5)	Літній сезон		52,7			
	Осінній сезон		65,2			
Прибережжя санаторію ім. Чкалова (CW5)	Літній сезон			36,4		
	Осінній сезон			18,0		
Пляж «Дельфін» (CW5)	Літній сезон			44,0		
	Осінній сезон		64,3			
Одеський порт (CW6)	Літній сезон					
	Осінній сезон		51,6			
Лузанівка II (CW6)	Літній сезон					
	Осінній сезон			48,5		
Лузанівка I (CW6)	Літній сезон					
	Осінній сезон			32,4		
Пляж с. Коблеве (CW7)	Літній сезон					
	Осінній сезон			22,5		
Пляж м. Южне (CW7)	Літній сезон					
	Осінній сезон			31,5		

стану морського довкілля за методом біотестування якості вод з використанням личинок мідій ранніх стадій розвитку) відповідали екологічному класу вод «добрий» (див. табл. 6), а всі інші прибережні зони моря – класу «задовільний».

Таблиця 7 – Розвиток личинок чорноморських мідій при біотестуванні якості довкілля прибережжя ПЗЧМ
восени 2020 року (у %)

Личинки мідій		Осінній період року					
		Пляж бази відпочинку «Альбатрос»(сmt Затока) (CW4)		Дача Ковалевського (CW5)		Пляж «Аркадія» (CW5)	
		$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.
Трохофори	нормальні	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	аномальні	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	Всього	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
Продісоконхи	нормальні	60,6 ± 1,60	2,64	67,2 ± 0,34	051	61,6 ± 0,13	0,21
	аномальні	36,9 ± 1,51	4,09	31,1 ± 0,38	1,22	32,3 ± 0,08	0,24
	мертві	2,6 ± 0,21	8,08	1,6 ± 0,13	8,13	6,1 ± 0,21	3,44
	Всього	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00

Продовження таблиці 7

Личинки мідій		Осінній період року					
		Мис Малий Фонтан (CW5)		Прибережжя сан. ім. Чкалова (7 м від труби скиду) (CW5)		Прибережжя сан. ім. Чкалова (зона змішування) (CW5)	
		$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.
Трохофори	нормальні	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	аномальні	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	Всього	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
Продісоконхи	нормальні	65,2 ± 1,01	1,55	0,0 ± 0,00	0,00	18,0 ± 0,04	0,22
	аномальні	28,6 ± 0,63	2,20	0,0 ± 0,00	0,00	63,8 ± 0,13	0,20
	мертві	6,2 ± 0,38	6,13	0,0 ± 0,00	0,00	18,2 ± 0,13	0,71
	Всього	100,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00

Продовження таблиці 7

Личинки мідій		Осінній період року					
		Пляж «Дельфін» (зона змішування) (CW5)		Одеський порт (CW6)		Лузанівка I (CW6)	
		$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.
Трохофори	нормальні	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	аномальні	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	Всього	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
Продісоконхи	нормальні	64,3 ± 1,68	2,61	51,6 ± 0,42	0,81	32,4 ± 0,50	1,54
	аномальні	32,3 ± 1,51	4,67	37,7 ± 0,63	1,67	32,9 ± 0,34	1,03
	мертві	3,4 ± 0,17	5,00	10,8 ± 0,21	1,94	34,7 ± 0,17	0,49
	Всього	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00

Кінець таблиці 7

Личинки мідій		Осінній період року					
		Лузанівка II (CW6)		Пляж бази відпочинку «Кипарис» (с. Коблеве) (CW7)		Пляж м. Южне (CW7)	
		$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.	$\bar{x} \pm \sigma$	c.v.
Трохофори	нормальні	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	аномальні	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
	Всього	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00	0,0 ± 0,00	0,00
Продісоконхи	нормальні	48,5 ± 0,34	0,70	22,5 ± 1,30	5,78	31,5 ± 0,38	1,21
	аномальні	48,9 ± 0,17	0,35	74,6 ± 1,13	1,51	65,5 ± 0,46	0,70
	мертві	2,6 ± 0,17	6,54	2,9 ± 0,17	5,86	3,0 ± 0,17	5,67
	Всього	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00	100,0 ± 0,00	0,00

Здійснене осінню 2020 року біотестування якості морських вод з різних водних масивів ПЗЧМ показало, що перетворення личинок мідій зі стадії трохофори до стадії продісоконх майже в усіх досліджуваних пробах проходило успішніше, ніж улітку. Але у воді з акваторії, прилеглої до санаторію ім. Чкалова (CW5), у нормальних продісоконхів восени перетворилася вдвічі менша кількість личинок, ніж літом цього ж року (див. табл. 5-7), що свідчить про те, що на даній ділянці моря існує локальне забруднення прибережжя м. Одеси санаторними стоками (впродовж року) призвело до погіршення екологічних властивостей водних мас. Дещо ліпшим восени був екологічний стан морського середовища на пляжі бази відпочинку «Кипарис» (поблизу с. Коблеве) (CW7), в воді якого утворилося лише на 4,5 % більше нормальних тест-об'єктів, ніж при біотестуванні якості водного довкілля у районі санаторію ім. Чкалова. Однак кількість аномально розвинених личинок мідій, що утворилися під час біотестування якості прибережних вод ПЗЧМ, була найбільшою саме у пробі води з пляжу «Кипарис» – 74,6 %, що перевищувало цей показник в інших протестованих водах у 1,1-2,6 рази (див. табл. 7).

Зареєстрована кількість мертвих продісоконхів цієї осені була найбільшою, як і у минулому році, у досліджуваному середовищі з Лузанівки I (CW6) і становила 34,7 %, тобто за рік зросла у 2,3 рази. Цей показник був дещо більшим за всі інші отримані результати з кількості загиблих личинок: мінімально на 16,5 % і максимально – на 33,1 %.

На рисунку 2 представлено відсоток морфологічно нормально розвинутих личинок мідій при біотестуванні якості вод прибережних і відкритих акваторій ПЗЧМ в осінні періоди 2010-2020 років. На ньому чітко простежується динаміка змін екологічного стану водного середовища досліджених ділянок моря за останні 11 років.

Влітку 2010 року (під час тривалої аномальної спеки), коли температура води у прибережжі м. Одеси піднялася до меж від 28 °С до 31 °С за нижчої, ніж попереднього року, солоності (від 8,99 ‰ до 9,85 ‰), сталася загибель значної кількості морських організмів. Відсоток нормально сформованих личинок мідій,

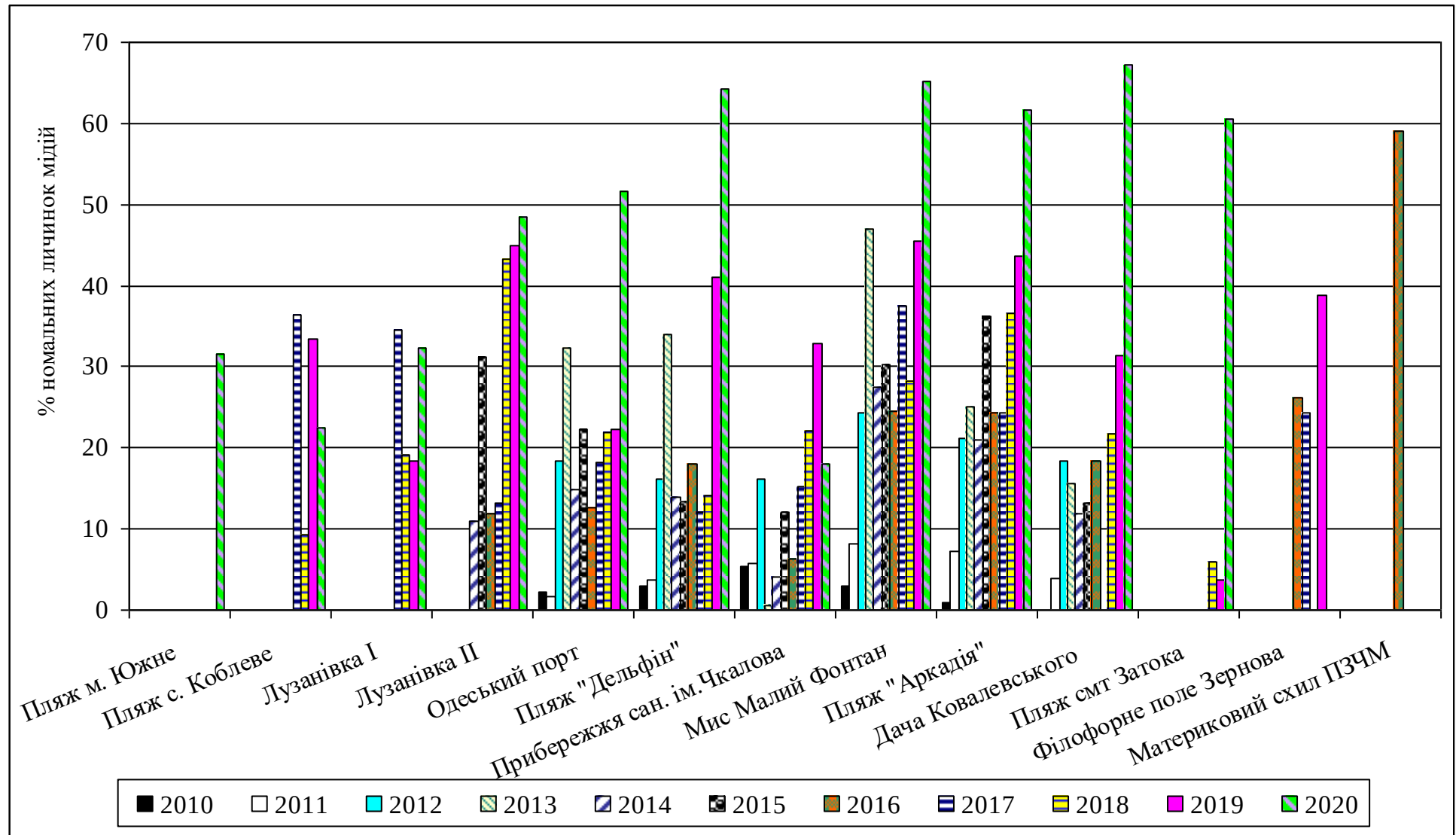


Рисунок 2 – Відсоток личинок мідій нормальної морфології при біотестуванні якості довкілля прибережних та відкритих районів ПЗЧМ в осінні сезони 2010-2020 років

отриманих при біотестуванні якості прибережних вод, знизився осінню 2010 року і перебував у діапазоні від 1,0 % до 5,3 %.

У 2011-2012 роках гідрологічні характеристики прибережних середовищ відповідали нормам для розвитку чорноморських гідробіонтів і екологічні властивості вод на акваторіях Одеського регіону покращилися. Кількість нормально розвинутих тест-об'єктів суттєво зросла у всіх досліджених середовищах відносно показників 2010 року.

За результатами біотестування якості морських вод прибережних районів м. Одеси у 2013 році було відмічено більш значуще зростання кількості личинок нормальної морфології у досліджуваних середовищах – до 46,9 %. У CW5 в районі скиду стоків санаторію ім. Чкалова цей показник, навпаки, знизився до 0,5 %, хоча у воді з акваторії мису Малий Фонтан морфогенез личинок проходив, як завжди, найуспішніше.

У 2014 році гідрологічні характеристики досліджених прибережних середовищ четвертий рік поспіль відповідали нормам для розвитку морських організмів. Але екологічні властивості довкілля більшості антропогенізованих акваторій Одеського регіону зазнали деякого погіршення, що відображає зареєстроване зменшення кількості нормально розвинутих личинок мідій при біотестуванні осінню якості досліджених середовищ на 3,5-20,8 % відносно показників попереднього року.

У 2015 році зріс відсоток нормально розвинених личинок мідій при біотестуванні якості довкілля Одеського прибережжя мінімум на 1,3 % та максимум на 20,3 % відносно попереднього року, тобто екологічний стан прибережних вод ПЗЧМ зазнав покращення.

Впродовж двох наступних років якість водного довкілля для розвитку ембріонів мідій зазнала покращення на значній кількості досліджених прибережних акваторій ПЗЧМ. Зокрема, у воді з умовно-чистої ділянки моря біля мису Малий Фонтан (CW5) у 2017 році утворилося у 1,5 рази більше протісоконхів нормальної морфології, ніж восени попереднього року. Але найкращим екологічним станом характеризувалося довкілля материкового схилу

ПЗЧМ у 2016 році, у воді якого при біотестуванні розвинулося 59,1 % личинок нормальної морфології (див. рис. 2). Якщо кількість нормальних личинок мідій при проведенні біотестування якості вод природного об'єкту сягає від 50,0 % до 90,0 %, це дозволяє віднести його до екологічного класу вод «добрий» (див. 2). Тобто, Добрий екологічний стан (ДЕС) був притаманний тільки поверхневій воді, відібраній у зоні материкового схилу ПЗЧМ.

Протягом 2018 року при біотестуванні якості морських вод ПЗЧМ на личинках мідій ранніх стадій розвитку виявилася кращою (відносно попереднього року) на значній кількості досліджених прибережних акваторій. Але у водному довкіллі умовно-чистої ділянки моря біля мису Малий Фонтан (CW5) і пляжів Лузанівка I (CW6) та бази відпочинку «Кипарис» біля с. Коблеве (CW7) утворилося на 9,2 %, 15,4 % і 27,2 % менше протісоконхів нормальної морфології (відповідно), порівняно з торішньою осінню (див. рис. 2). Найвірогіднішим поясненням суттєвого погіршення якості саме пляжних вод Лузанівки I у літньо-осінній період може бути «гіперцвітіння», яке змінилося тривалим (впродовж декількох місяців) «цвітінням», потенційно токсичної дінофітової водорості *Prorocentrum micans*. Під час біотестування якості води з акваторії пляжу Лузанівки II (теж CW6) були отримані найкращі показники морфогенезу ембріонів мідій осінню 2018 року, а саме – 43,3 % нормально розвинутих протісоконхів.

Осінню 2019 року майже на всіх морських акваторіях покращився екологічний стан водного довкілля, тому і зріс відсоток протісоконхів нормальної конституції, отриманих під час біотестування якості вод досліджуваних об'єктів. Виключення становили тільки ділянки моря в смт Затока (CW4) та на пляжі Лузанівки I (CW6), у воді яких при біотестуванні нормальні личинки мідій утворилися в меншій кількості, ніж торік (див. рис. 2).

Восени 2020 року під час біотестування якості поверхневих вод на личинках мідій ранніх стадій розвитку було виявлено значне покращення якості водного довкілля вздовж прибережжя ПЗЧМ від Одеського порту (CW6) до пляжу «Альбатрос» у смт Затока (CW4), що дуже виразно відображено на рисунку 2.

Цим поверхневим водам був притаманний ДЕС, який характеризувався утворенням в них личинок більшої (на 0,7-7,3 %) кількості морфологічно нормальних личинок мідій стадії продіссоконх, ніж у відібраній пробі води з зони материкового схилу ПЗЧМ у 2016 році.

У зв'язку з цим викликає інтерес зареєстрований факт знаходження у рідині мантийної порожнини дорослої *M. galloprovincialis* (з бетонної берегозахисної споруди у прибережжі мису Малий Фонтан) скупчення клітин дінофітової водорості *Lingulodinium polyedra*, що представлено на оригінальній фотографії (рис. 3).

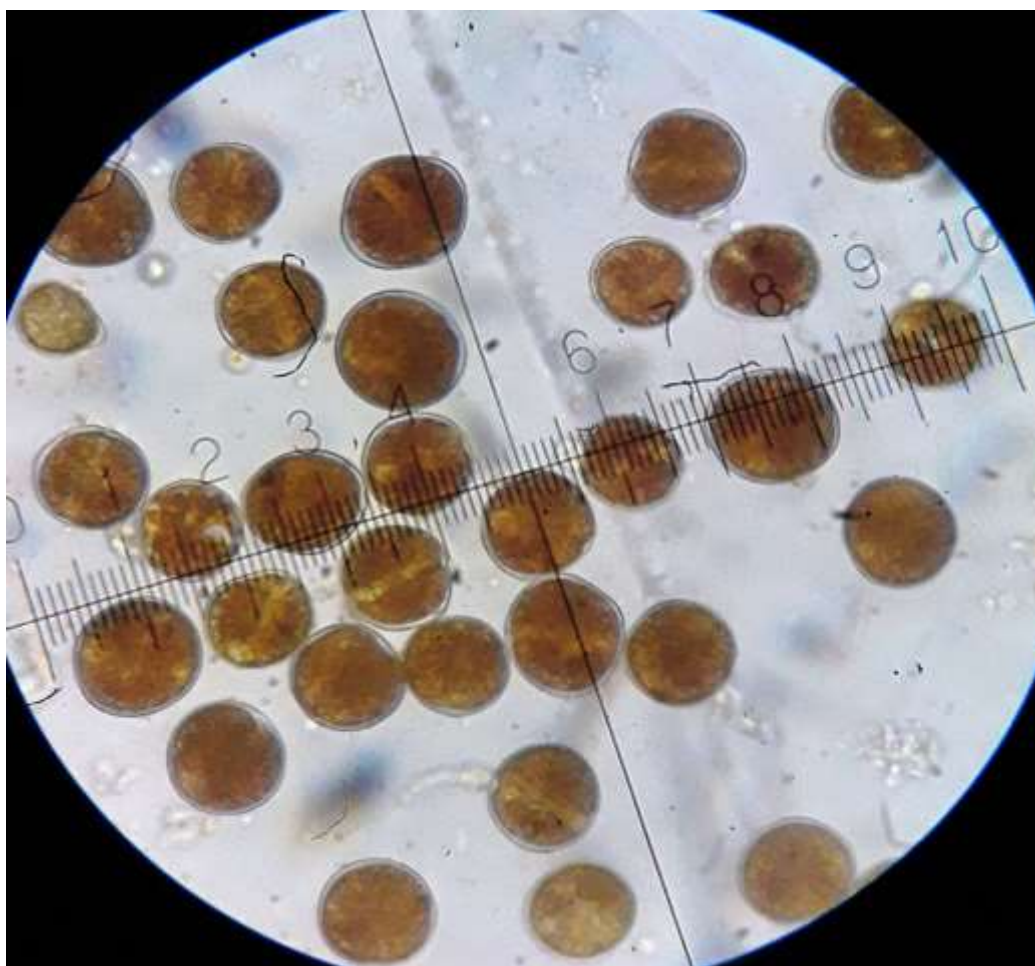


Рисунок 3 – Скупчення клітин дінофітових водоростей *Lingulodinium polyedra* у рідині мантийної порожнини дорослої *Mytilus galloprovincialis* з бетонної берегозахисної споруди у прибережжі мису Малий Фонтан (оригінальне фото від 09.10.2020 року)

У науковій літературі щодо *L. polyedra* наведено інформацію про потенційну токсичність даної дінофітової водорості, що продукує сакситоксини (які спричиняють прогресуючий параліч та зупинку дихання і смерть навіть у людини). Ці токсини здатні накопичуватись в тілі молюсків і викликати в мешканців морського узбережжя, після використання ними цих мітілід в їжу, «молюсковий токсикоз». Але молюски родів *Mytilus* та *Saxidomus* до токсинів часто не чутливі [47]. Саме таку взаємодію між лінгулодініумом та мідією вдалося спостерігати під час проведення робіт з біотестування якості прибережного довкілля ПЗЧМ восени 2020 року.

4 БІОТЕСТУВАННЯ ЯКОСТІ ДОВКІЛЛЯ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ СТАНУ ДОРОСЛИХ МІДІЙ

Двостулкові молюски родини мітілід (*Mytilidae* Rafinesque) – провідний компонент донних фільтраторів Чорного моря, здійснюючих колосальну за масштабами функцію біологічного фільтру, що осаджує різні зависі із водного середовища від урізу води до меж сірководневої зони [34], [35]. Мітіліди-домінанти відіграють значну едифікаторну роль у спільнотах. В багатьох біотопах вони є домінуючими за розмірами і біомасою представниками зообентосу, які визначають структурні та функціональні особливості донних спільнот.

Серед мітілід дуже виділяються чорноморські мідії як біофільтратори, які пропускають крізь себе щодобово величезну кількість морської води, що забезпечує їх життєдіяльність за рахунок відфільтровування компонентів оточуючого середовища. Саме тому мідії здатні накопичувати у своєму організмі забруднюючі речовини з водного довкілля. Можна сказати, що стан мідій – це інтегральний показник екологічного стану району мешкання даних гідробіонтів, тобто стан цих молюсків-фільтраторів об'єктивно відображує якість морського довкілля, як середовища їхнього мешкання.

Біотестування якості вод, як природних, так і антропогенно трансформованих, з використанням чорноморських мідій (на різних за чутливістю вікових стадіях їхнього розвитку), дозволяє отримати достовірну інформацію щодо екологічних характеристик морських акваторій [16].

Протягом 2020 року було проведено біотестування якості середовища водних масивів ПЗЧМ за фізіолого-морфологічними показниками дорослих мідій: стабільністю мембран лізосом клітин гемолімфи даних мітілід до впливу модельного токсиканту (нейтрального червоного), інтенсивністю процесу фільтрації води та активністю споживання розчиненого у воді кисню цими двостулковими. Проби води і молюсків улітку були відібрані у червні з настанням біологічного літа, а осінні проби – на початку жовтня.

4.1 Оцінка якості морського середовища за показником стабільності лізосомальних мембран клітин гемолімфи мідій

Протягом 2020 року біотестування якості морських вод прибережних акваторій ПЗЧМ (як умовно-чистих, так і антропогенно навантажених) проводилося за методикою оцінки якості морської води з використанням показника часу утримання нейтрального червоного лізосомами клітин гемолімфи *M. galloprovincialis* (див. 2).

Для коректної інтерпретації даних, отриманих при біотестуванні якості морського середовища за фізіолого-морфологічними показниками гідробіонтів потрібно враховувати вплив на стан тест-об'єктів ряду екологічних факторів, таких, як солоність, температура, період року, тощо [38].

Як вже відмічалось (див. 3), показники температури і солоності води впродовж року перебували в межах екологічної норми для розвитку чорноморських мідій.

За часом утримання нейтрального червоного мембранами лізосом гемолімфи мідій стан «здоров'я» дорослих двостулкових та водного довкілля акваторій з масивів CW5 та CW7 весь рік відповідав екологічному класу вод «відмінний», тому що реєстрований показник гемолімфи молюсків в цих досліджених середовищах перевищував 150-хвилинний поріг (на 12-21 хвилину) (табл. 8). А екологічний стан водних мас акваторії Одеського порту (CW6) восени погіршився і став відповідати класу «добрий». Стабільність мембран лізосом клітин гемолімфи мідій в портовій воді осінню становила 129 хвилин, тобто була на 36 хвилин меншою, ніж торік.

При біотестуванні якості морського довкілля за характеристиками стану лізосом клітин гемолімфи дорослих мідій було встановлено, що впродовж року, як і при минулорічних моніторингових дослідженнях, найбільш екологічно сприятливими для мешкання цих мітілід були умови у прибережжі мису Малий Фонтан (CW5). Слід зазначити, що влітку у воді з умовно-чистої ділянки моря,

Таблиця 8 – Оцінка екологічного стану довкілля водних масивів ПЗЧМ
за показником стабільності мембран лізосом клітин
гемолімфи мідій у 2020 році (хв)

Клас екологічного стану вод		1	2	3	4	5
		Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Поганий (bad)
Місце відбору проб води (водні масиви)	Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
	Лізосомальна стабільність, хв	150,0-180,0	120,0-150,0	60,0-120,0	30,0-60,0	0,0-30,0
Мис Малий Фонтан (CW5)	Літо	162				
	Осінь	171				
Одеський порт (CW6)	Літо					
	Осінь	129				
Пляж с. Коблеве (CW7)	Літо					
	Осінь	162				

прилеглої до мису Малий Фонтан, лізосомальна стабільність клітин гемолімфи тест-об'єктів зросла (на 3 хвилини) порівняно з 2019 роком, що свідчить про деяке покращення екологічних властивостей довкілля цієї акваторії моря.

Восени показники стабільності мембран лізосом клітин гемолімфи мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів CW5, CW6 та CW7 (табл. 9)

Таблиця 9 – Час утримання нейтрального червоного мембранами лізосом клітин гемолімфи мідій при біотестуванні якості довкілля прибережжя ПЗЧМ восени 2020 року (хв)

Місце відбору проб води (водні масиви)	Кількість повторів (n)	Максимальні показники	Мінімальні показники	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)
Осінній період року					
Мис Малий Фонтан (CW5)	10	180	150	$171,0 \pm 3,25$	1,90
Одеський порт (CW6)	10	180	120	$129,0 \pm 9,74$	7,55
Пляж с. Коблеве (CW7)	10	180	120	$162,0 \pm 6,49$	4,01

мали достовірний характер, тому що коефіцієнти їхньої варіабельності перебували у діапазоні від 1,90 % до 7,55 %.

Ретроспективний аналіз результатів біотестування якості мезогалінних прибережних вод ПЗЧМ та транзитних вод (TW) Григоріївського лиману за 2009-2020 роки показав (рис. 4), що найнижчих показників стабільності мембран лізосом клітин гемолімфи мідій сягала у 2009 році осінню – 57 хв у воді з Одеського порту (CW6), у 2010 році у Григоріївському лимані – лише 60 хв літом у водному доквіллі TW21, а ще менше влітку 2011 року – 49,5 хв при тестуванні водного середовища того ж TW21.

Тоді екологічний стан водних мас цих акваторій був оцінений, як «посередній» (стійкість лізосомальних мембран до дії модельного токсиканту при біотестуванні якості поверхневих вод тривала 60 хв і менше). Починаючи з 2012 року, досліджений за цим показником гемолімфи екологічний стан водних масивів ПЗЧМ та прибережжя Григоріївського лиману завжди відповідав категоріям «добрий» (за умови перебування реєстрованого лізосомального показника у діапазоні від 120 хв до 150 хв) та «відмінний», коли стабільність мембран лізосом перевищувала 150 хв.

Отже, екологічний стан доквілля водних масивів ПЗЧМ (CW5, CW6 та CW7) та Григоріївського лиману (TW21) суттєво покращився для розвитку гідробіонтів в останні дев'ять років, що було встановлено під час біотестування якості водного доквілля досліджених прибережних морських та лиманних акваторій за показником стабільності мембран лізосом клітин гемолімфи мідій (тобто часу утримання модельного токсиканту (нейтрального червоного) мембранами лізосом клітин кроволімфи використаних тест-об'єктів) у період спостережень з 2009 по 2020 рік, коли якість водного середовища для життєдіяльності дорослих *M. galloprovincialis* стала поступово повсюдно стабільно відповідати категорії «відмінний».

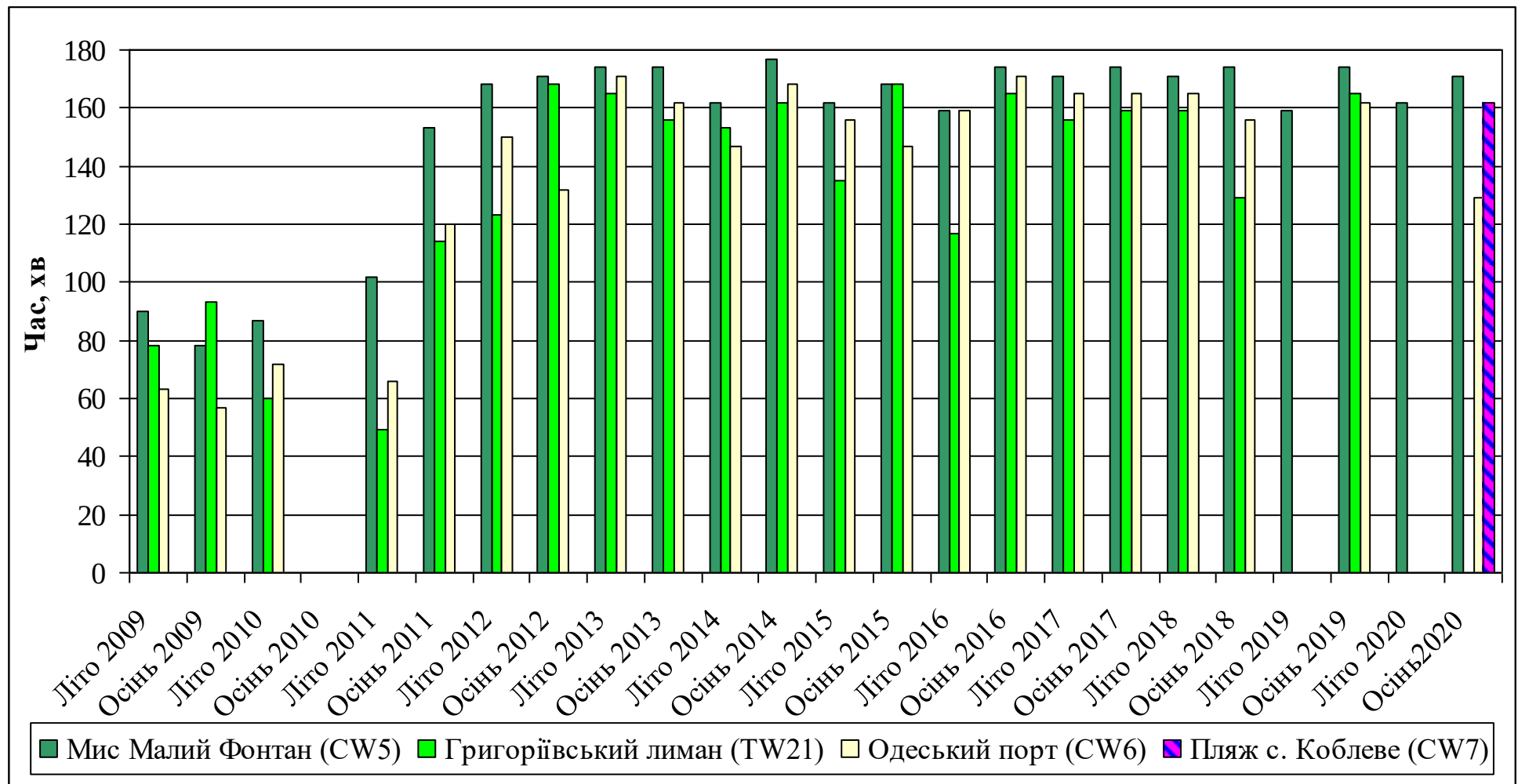


Рисунок 4 – Час утримання нейтрального червоного мембранами лізосом клітин гемолімфи мідій при біотестуванні якості прибережного довкілля ПЗЧМ та Григоріївського лиману в 2009-2020 роках (хв)

4.2 Оцінка якості морських вод за показником інтенсивності фільтрації води мідіями

Чорноморська мідія відноситься до найбільш зручних об'єктів для дослідження екологічного стану прибережного морського середовища, як активний фільтратор морських вод та численний компонент різноманітних зооценозів Чорного моря [16], [35], [37], [52]-[53]. Фільтраційна активність, як одна з основних характеристик процесів метаболізму в організмах мітілід, є важливою характеристикою реакції цих двостулкових на зміни якості морського довкілля під впливом природних та антропогенних факторів. Фізіолого-морфологічні показники організму займають особливе місце серед продукційних характеристик виду, що використовуються для оцінки екологічних умов існування виду.

Стан «здоров'я» цих двостулкових бентосних організмів, що ведуть осілий спосіб життя і тому не можуть залишити своє місцеперебування під час змін екологічних умов у оточуючому їх середовищі, дзеркально відображає якість морського довкілля району їхнього мешкання.

У 2020 році було проведено біотестування якості довкілля водних масивів ПЗЧМ (як умовно-чистої акваторії, так і антропогенно навантажених ділянок моря) за характером фільтрації води дорослими чорноморськими мідіями (розміром від 45 мм до 50 мм) відповідно до методики оцінки якості морської води з використанням показника інтенсивності фільтрації води *M. galloprovincialis* [16] (див. 2).

Фільтраційна активність моллюсків при тестуванні води з прибережжя мису Малий Фонтан (CW5) влітку становила 40,3 % (до можливого), тобто вона, як і лізосомальна стабільність клітин гемолімфи мідій, зазнала збільшення, до того ж значущого (у 2,2 рази) порівняно з показником минулорічного літа. Восени активність фільтрації мідіями досліджуваних вод з CW5 та CW6 незначно змінилася відносно показників 2019 року (табл. 10 та рис. 5).

Таблиця 10 – Інтенсивність фільтрації води чорноморськими мідіями при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ в 2020 році (у % до можливого)

Термін експозиції (години)	CW5			CW6			CW7		
	п	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v.	п	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v.	п	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v.
	Осінній період року								
0,5	10	$35,5 \pm 5,53$	15,58	10	$20,7 \pm 6,02$	29,08	10	$6,1 \pm 2,34$	38,36
1,0	10	$54,1 \pm 5,78$	10,68	10	$32,8 \pm 5,89$	17,96	10	$17,4 \pm 5,17$	29,71
1,5	10	$61,9 \pm 5,79$	9,35	10	$41,6 \pm 5,53$	13,30	10	$27,0 \pm 7,34$	27,19
2,0	10	$66,8 \pm 4,98$	7,46	10	$48,4 \pm 5,04$	10,41	10	$32,7 \pm 7,93$	24,25
2,5	10	$67,2 \pm 4,73$	7,04	10	$50,8 \pm 4,45$	8,76	10	$38,5 \pm 8,30$	21,56
3,0	10	$66,3 \pm 4,06$	6,12	10	$52,6 \pm 3,84$	7,30	10	$42,0 \pm 8,37$	19,93
3,5	10	$64,4 \pm 3,57$	5,54	10	$53,2 \pm 3,12$	5,86	10	$44,7 \pm 8,24$	18,43
4,0	10	$62,6 \pm 3,20$	5,11	10	$53,7 \pm 2,95$	5,49	10	$46,8 \pm 7,88$	16,84

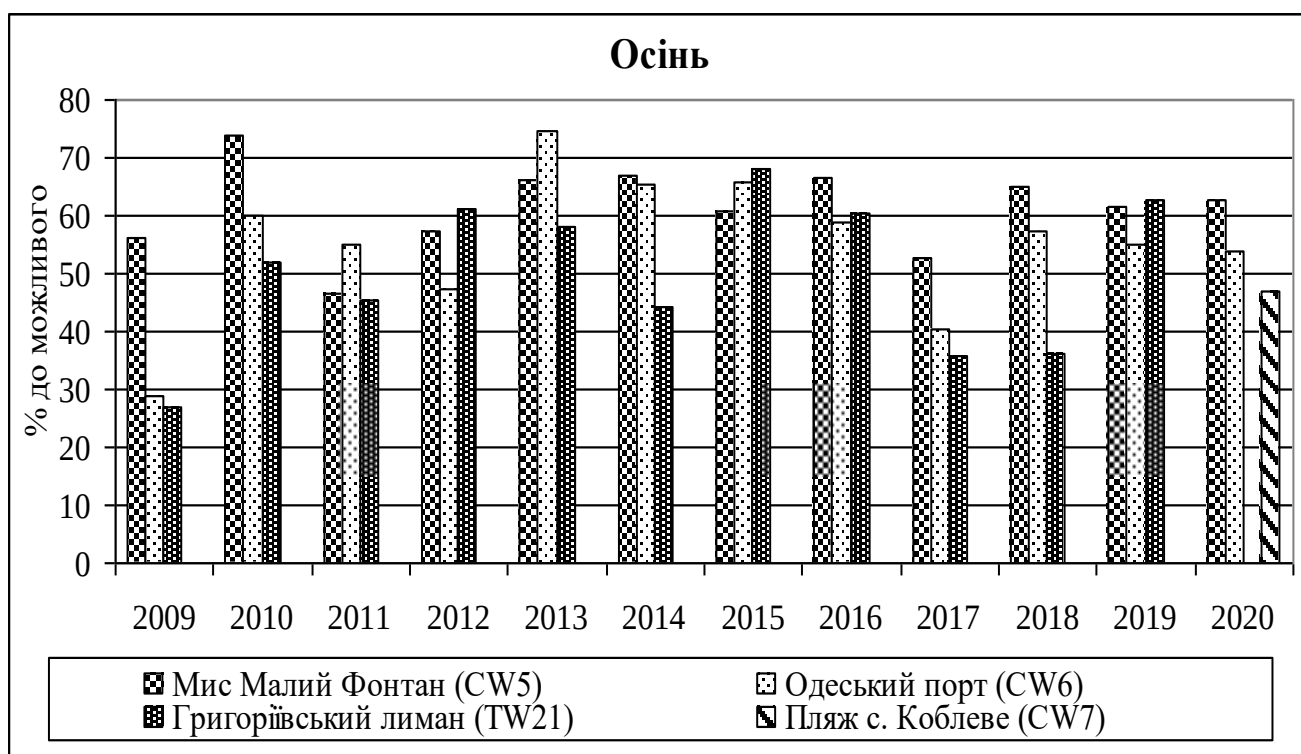


Рисунок 5 – Фільтраційна активність мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в осінні періоди 2009-2020 років (на четверту годину спостережень)

Восени активність фільтраційного процесу у мідій під час біотестування якості водного прибережного середовища досліджуваних районів зростає. Найкращим був показник інтенсивності фільтрації тест-об'єктами води, відібраної з акваторії біля мису Малий Фонтан, який був у 1,6 рази більшим, ніж влітку.

Ретроспективне порівняння результатів досліджень процесу фільтрації мідіями морської води з різних прибережних районів ПЗЧМ за дванадцятирічний період показало, що в осінній сезон 2020 року фільтраційна активність мідій при біотестуванні якості водного довкілля з CW7 за отриманими показниками, в цілому, була нижчою за результати досліджень якості вод CW5 та CW6, проведених в осінні періоди десятих попередніх років (за виключенням 2017 року) (див. рис.5).

Дорослим *M. galloprovincialis* досліджували води (з масивів CW5 та CW6) були за екологічними властивостями подібними для існування тест-об'єктів в

осінні сезони 2018-2020 років, що чітко відобразилося у них на схожості показників інтенсивності процесу фільтрації (див. рис. 5).

Слід відмітити, що у воді з району мису Малий Фонтан, який відчуває незначний антропогенний тиск за рахунок лише рекреаційного використання, осінні показники інтенсивності фільтраційної діяльності тест-об'єктів за останні 3 роки підвищилися до рівня 2013-2016 років, тобто ця акваторія продовжує залишатися умовно-чистою ділянкою моря в Одеському прибережжі.

4.3 Оцінка якості морського довкілля за показником інтенсивності дихання мідій

Рівень споживання двостулковими молюсками розчиненого у воді кисню – одна з найважливіших характеристик стану організму цих гідробіонтів [54]-[55]. Оцінюючи інтенсивність дихання молюсків (показника швидкості обміну речовин цих гідробіонтів) можна зробити висновок щодо фізіологічного стану організму в цілому [38].

На процес дихання *Bivalvia* впливають різні фактори: температура і солоність води, присутність забруднюючих речовин, інтенсивність харчування, наявність короткочасної або тривалої гіпоксії, пора року, тощо [56]-[63]. Один з основних кліматичних факторів, що впливають на процес дихання у мідій – температура водного середовища [64]-[65]. На активність цього процесу впливає і такий фактор, як стадія розвитку статевих продуктів, та ряд інших чинників [62], [66]-[67]. Дослідниками встановлено, що інтенсивність дихання чорноморської скельової мідії мінімальна взимку, збільшується в березні-квітні на фоні підвищення температури води та визрівання гонад і досягає максимуму при її значеннях від 14 °C до 16 °C [68]-[70]. Після нересту фізіологічна активність мідій змінюється, тобто знижується обмін речовин у молюсків, хоча температура води

продовжує зростати [35]. Мідія здатна проявляти постійну інтенсивність обміну речовин у достатньо широкому діапазоні концентрацій кисню у воді.

Проведені багаторічні дослідження сезонних змін показників обміну речовин у дорослих чорноморських мідій за показником інтенсивності споживання ними розчиненого у воді кисню співпали з висновками інших дослідників [16], [35], [68]-[70].

Влітку 2020 року в прибережжях Дністровського та Дніпро-Бузького районів ПЗЧМ солоність та температура водного середовища (дуже важливі для розвитку водних організмів фактори) перебували в межах екологічної норми для життєдіяльності чорноморських гідробіонтів (див. 3).

Біотестування якості морського довкілля прибережних акваторій за характером дихання дорослих чорноморських мідій (розміром від 45 мм до 50 мм) було проведено по методиці оцінки якості води з використанням показника інтенсивності дихання водних організмів [16] (див. 2).

Влітку споживання розчиненого у воді кисню при тестуванні якості водного довкілля ділянки моря біля мису Малий Фонтан (CW5) дорослими чорноморськими мідіями, використаними у якості тест-об'єктів, становило 0,35 мл O_2 /особину в годину, що повністю співпало з показником попереднього літа.

Восени інтенсивність дихання тест-об'єктів була однаковою в водах з Одеського порту (CW6) та прибережжя мису Малий Фонтан (CW5), сягнувши 0,24 мл O_2 /особину в годину, але, водночас, в 1,3 рази більшою, ніж у воді з району Коблевого (CW7). А порівняно з 2019 роком інтенсивність дихання мідій, які в умовах лабораторії перебували у воді з CW5 та CW6, знизилася у 1,1 рази (табл. 11 та рис. 6).

Ретроспективний аналіз стану прибережного довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману за показником інтенсивності дихання мідій при біотестуванні якості середовища досліджуваних районів показує поступову тенденцію до зменшення споживання ними розчиненого у воді кисню з 2010 року до 2016 року.

Слід відмітити низький показник інтенсивності дихання мідій під час біотестування якості водного середовища Григоріївського лиману восени 2013 та

Таблиця 11 – Інтенсивність дихання чорноморських мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ в 2020 році (в мл O_2 /особину в годину)

Місце відбору проб води (водні масиви)	Кількість повторів (n)	$\bar{x} \pm \sigma$	с. в. (%)
Осінній період року			
Мис Малий Фонтан (CW5)	10	$0,24 \pm 0,028$	11,67
Одеський порт (CW6)	10	$0,24 \pm 0,038$	15,83
Пляж с. Коблеве (CW7)	10	$0,18 \pm 0,028$	15,56

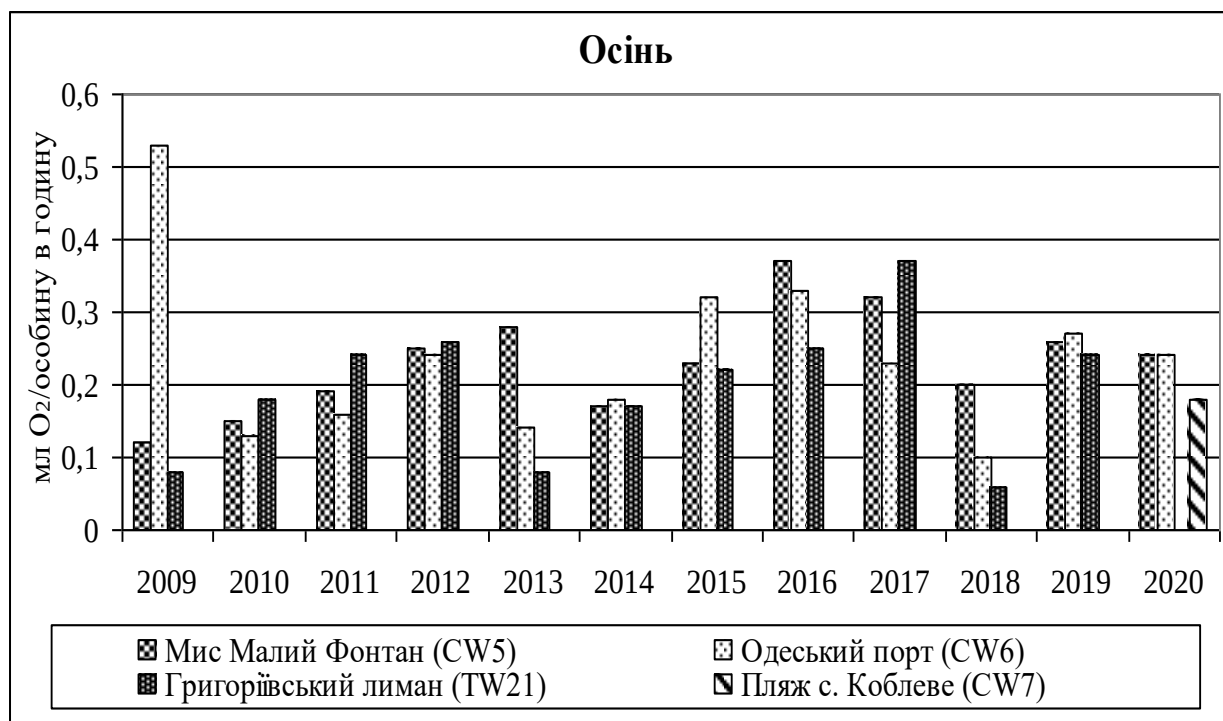


Рисунок 6 – Дихання мідій при біотестуванні якості довкілля водних масивів ПЗЧМ та Григоріївського лиману в осінні періоди 2009-2020 років (в мл O_2 /особину в годину)

2018 років, що сягав лише 0,08 мл O_2 /особину в годину та 0,06 мл O_2 /особину, відповідно. Споживання розчиненого у воді кисню (в 2009-2020 роках) молюсками, що мешкали у водному середовищі з прибережної умовно-чистої смуги моря Одеського прибережжя (біля мису Малий Фонтан), було найвищим в осінні сезони 2016 і 2017 років. Тільки при тестуванні якості довкілля акваторії, прилеглої до мису Малий Фонтан, були отримані такі показники стану обмінних процесів в організмі мідій, що залишалися більш стабільними (див. рис. 6).

Восени 2019 року стійкість мембран лізосом клітин гемолімфи мідій до впливу модельного токсиканту (нейтрального червоного), фільтраційна активність та інтенсивність дихання цих молюсків (основні показники обмінних процесів в організмі двостулкових) під час біотестування якості морських та лиманських вод були найвищими за останні роки у тест-об'єктів, що мешкали в умовах лабораторії у воді з прибережжя мису Малий Фонтан (див 4.1, 4.2 та див. рис. 6). Це може бути пояснено сприятливішими умовами для життєдіяльності дорослих мідій у середовищі умовно-чистої акваторії Одеського прибережжя під час моніторингових досліджень, здійснюваних щорічно восени.

Проведені у 2020 році оцінка та діагноз екологічного стану довкілля ПЗЧМ за методами біотестування якості водних середовищ з різним ступенем і характером забруднення при одночасному використанні декількох фізіолого-морфологічних показників стану метаболічних процесів в організмах чорноморських мідій (морфогенезу їхніх личинок на перших стадіях розвитку, стабільності лізосомальних мембран клітин гемолімфи цих дорослих двостулкових, фільтраційної активності молюсків та інтенсивності споживання ними розчиненого у воді кисню) показали, що у водних масивах CW4, CW5 та CW6 восени стан водного довкілля покращився і, вперше за всі роки спостережень, на більшості станцій прибережного моніторингу відповідав екологічному класу вод «добрий», а у решти досліджених ділянок моря – класу «задовільний». Це дозволяє вважати доцільним використання у якості тест-об'єктів *M. galloprovincialis* різних стадій розвитку для проведення подальших досліджень екологічного стану чорноморського довкілля.

5 БІОІНДИКАЦІЯ ЯКОСТІ ДОВКІЛЛЯ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ПОКАЗНИКАМИ СТАНУ МІКРОФІТОБЕНТОСУ

Морські субстрати природного та антропогенного походження (камені, пісок, бетонні та металеві споруди, тощо) є контурними біотопами, населеними організмами обростань. Цим водним оселищам притаманні різноманітний видовий склад, високі показники чисельності та біомаси гідробіонтів. Дані угруповання зазнають інтенсивного природного й антропогенного впливу, тому вони є важливим об'єктом морського моніторингу [71].

Контурні біотопи та їх біоценози відіграють ключову роль в дослідженнях екологічного стану морського довкілля [72]. На субстратах мешкають певні види або групи видів мікроводоростей [73]. Провідне місце серед них належить діатомеям, широко представленим в ЧМ впродовж року, і ціанопрокаріотам, що особливо інтенсивно розвиваються влітку за наявності високих температур води [74]. В імпактних частинах моря, які зазнають значного органічного забруднення, чисельність мікрофітів в 2,0-2,5 рази вища порівняно з його умовно чистими акваторіями [75].

Дослідження стану біологічної різноманітності обростань мікроводоростей на твердих субстратах у контактній зоні берег-море є важливою складовою комплексної оцінки наслідків антропогенного впливу на екосистеми субліторалі [76]. Прикріплені діатомеї перифітону та бентосу за систематичним складом значно багатші за планктонні пелагічні угруповання. Це обумовлено різними екологічними умовами у субліторалі та пелагіалі водойм. У біотопах з помірним забрудненням спостерігається інтенсивніший кількісний розвиток діатомей, порівняно з чистими водами, але зменшується кількість видів і домінують полі- і мезосапроби, стійкі до антропогенного впливу. Сильніше забруднення місцеперебування бентосних мікрофітів поступово призводить до зниження їхніх кількісних показників і збіднення видового складу.

5.1 Оцінка якості морського середовища за показниками розвитку бентосних мікрофітів

Впродовж 2020 року була виконана біоіндикація якості морських вод прибережних районів ПЗЧМ за систематичними, кількісними, морфологічними, галобіонтними та сапробіологічними показниками розвитку мікрофітобентосу.

Проби водоростей були відібрані на бетонних та гранітних субстратах в різних за рівнем антропогенного навантаження ділянках прибережжя ПЗЧМ: в смт Затока (CW4), коло мису Малий Фонтан і на Дачі Ковалевського, на пляжах «Аркадія» та «Дельфін» і поблизу санаторію ім. Чкалова (CW5), в Лузанівці I (CW6); з металевих конструкцій неподалік с. Коблевого (CW7); з черепашнику на пляжі «Дельфін» (CW5) та на пляжі м. Южне (CW7). Також досліджувалися мікрофіти на стулках мідій прибережжя мису Малий Фонтан (CW5) і Одеського порту (CW6); з піску акваторій пляжу смт Затока (CW4), Дачі Ковалевського, пляжів «Аркадія» та «Дельфін», мису Малий Фонтан, санаторію ім. Чкалова (CW5), Лузанівки I та II (CW6), пляжів м. Южне і с. Коблевого (CW7).

Впродовж 2020 року угруповання мікрофітобентосу водних масивів ПЗЧМ формували 158 видів водоростей (додаток А), що належали до 8 відділів (рис. 7).

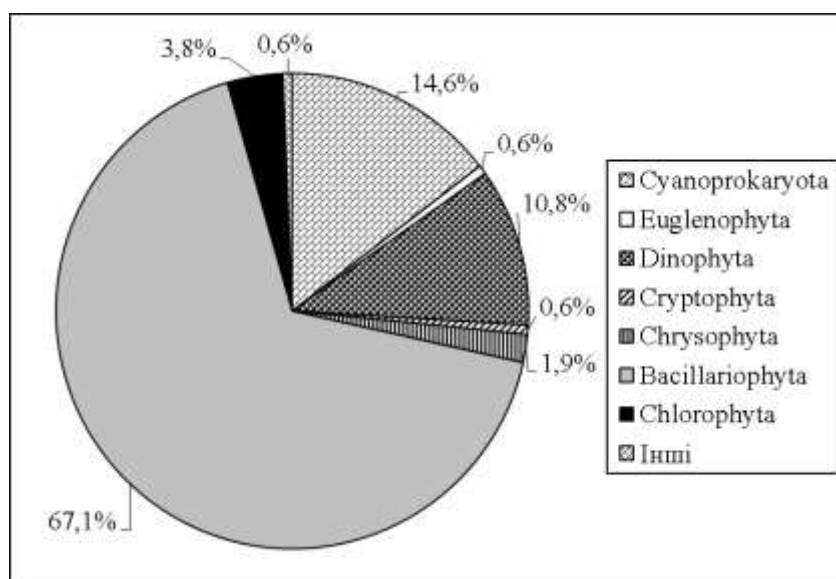


Рисунок 7 – Таксономічний склад мікрофітобентосу прибережжя ПЗЧМ в 2020 році (у % від кількості знайдених видів).

Як і торік, у видовому складі бентосних мікрофітів переважали діатомеї (67,1 %), також часто зустрічалися ціанопрокаріоти (14,6 %). Вміст дінофітових водоростей зріс майже в 2 рази порівняно з минулим роком і сягав 10,8 %. Зелені водорості (3,8 %) були більш притаманні опрісненим акваторіям, на які впливали річкові та лиманні води. Поодинокі траплялися евгленова водорість *Eutreptia lanovii*, криптофітова *Hillea fusiformis* та джгутикова *Flagellata sp.* (по 0,6 %).

Найбільш широко розповсюдженими були ціанопрокаріоти *Leptolyngbya fragilis*, *Lyngbya confervoides*, *Microcystis sp.*, золотиста водорість *Emiliania huxleyi*, діатомеї *Cocconeis costata*, *Navicula ramosissima*, *Achnanthes brevipes*, *Ceratoneis closterium*, *Cyclotella choctawhatcheeana*, *Tabularia fasciculata*.

Восени загальна кількість видів мікрофітів твердих субстратів перевищувала показник 2019 року в 1,5 рази (табл. 12).

Таблиця 12 – Показники стану мікрофітобентосу твердих субстратів прибережжя ПЗЧМ в 2019-2020 роках (кількість видів)

Показники	Літо		Осінь	
	2019	2020	2019	2020
Таксономічний склад				
Цуанопрокaryota	14	12	16	19
Euglenophyta	1	-	-	1
Dinophyta	4	2	5	12
Cryptophyta	1	1	1	1
Chrysophyta	1	3	3	1
Bacillariophyta	40	36	56	88
Chlorophyta	4	2	1	5
Інші	1	1	1	1
Всього	66	57	83	128
Життєві форми				
Планктонні	20	18	22	36
Обростання	31	30	36	55
Донні	12	9	24	35
Всього	63	57	82	126
Галобність				
Полігалоби	18	21	31	45
Мезогалоби	21	17	19	35
Галофіли	7	6	6	14
Індиференти	7	4	11	19
Всього	53	48	67	113

Вміст дінофітових водоростей у мікрофітобентосі зріс у 2,4, а діатомових – в 1,6 рази. З’явилися планктонні дінофлагелляти *L. polyedra*, *Protoperidinium divergens*, *P. steinii*, *Tripes furca*. Також зустрічалися діатомеї *Amphora angusta*, *A. arcus*, *Halamphora hyalina*, які були відсутні минулого року.

Слід підкреслити, що восени 2020 року на більшості досліджених акваторій масово розвивалася потенційно токсична дінофітова водорість *L. polyedra*. Менш численними були інші представники цього відділу – *Prorocentrum cordatum*, *P. micans*, *Scrippsiella acuminata*. Поодинокі траплялися потенційно небезпечні ціанопрокаріоти *Aphanizomenon flosaquae* та *Dolichospermum flosaquae*. Загалом впродовж року були знайдені 9 видів потенційно токсичних мікроводоростей.

Поодинокі траплялися й аномальні клітини діатомей. Так, на поверхнях стулок мідій впродовж року біля мису Малий Фонтан та восени в акваторії Одеського порту були знайдені зігнуті клітини *Tabularia gaillonii*. Влітку на мідієвих стулках біля мису Малий Фонтан спостерігалися зігнуті екземпляри *T. fasciculata*, а восени на бетоні поблизу Дачі Ковалевського – подібним чином деформовані особини *Nitzschia lanceolata* var. *minor*.

Представників обростань було 40,0 % від загального вмісту знайдених видів мікрофітів (рис. 8(a)). Переважали ціанопрокаріоти *L. fragilis*, *L. confervoides*, *Calothrix scopulorum*, діатомеї родів *Cocconeis*, *Achnanthes*, *Licmophora*.

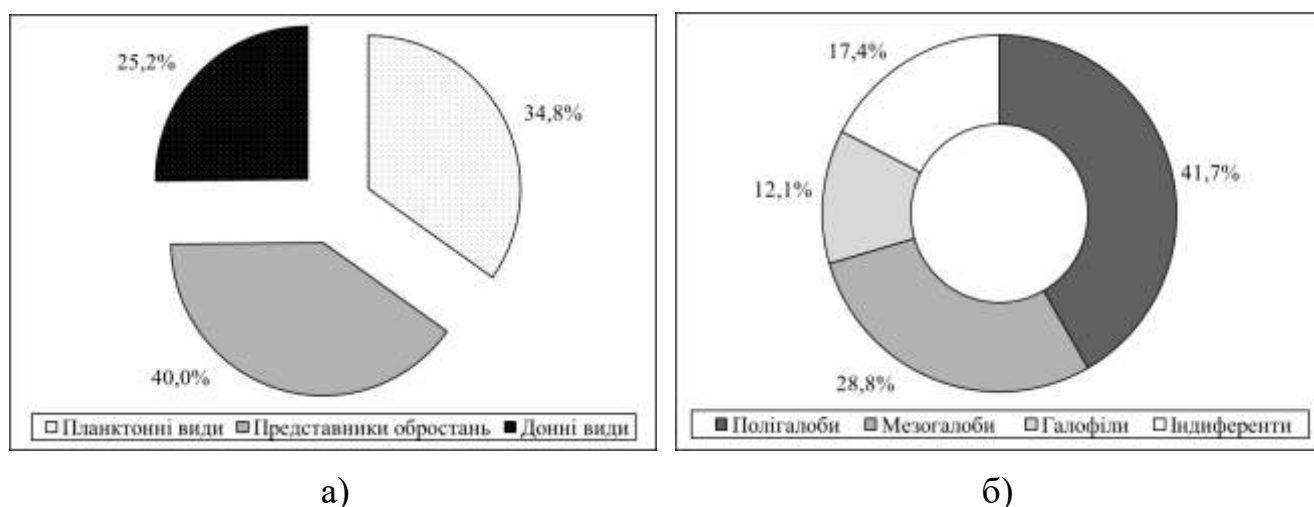


Рисунок 8 – Життєві форми а) та галобіонтний склад б) мікрофітобентосу прибережжя ПЗЧМ в 2020 році (у % від кількості видів).

Серед осілих на дно планктонних водоростей значне місце посідали дінофітові, які найбільш інтенсивно розвивалися восени (*L. polyedra*, *P. micans*). Менше було ціанопрокаріот (родів *Chroococcus*, *Merismopedia*) та діатомей (види родів *Cyclotella*, *Thalassiosira*, *Chaetoceros*). Донні види були представлені, здебільшого, діатомеями родів *Navicula*, *Amphora*, *Halamphora*, *Pleurosigma*. Влітку їх вміст на твердих субстратах скоротився в 1,3 рази порівняно з показниками 2019 року (див. табл. 12). Восени кількість донних форм та представників обростань зросла в 1,5, а планктонних видів – в 1,6 рази.

Як і торік, стосовно солоності води переважали полі- та мезогалоби (див. рис. 8 (б)). Полігалобами були види родів *Achnanthes*, *Licmophora*, *Amphora*, *Halamphora* і *Striatella*, мезогалобами – *Ceratoneis closterium* і представники родів *Navicula* та *Nitzschia*, галофілами – *Cyclotella* і *Diatoma*. До індіферентів належали ціанопрокаріоти *Merismopedia elegans*, *M. glauca*, *Phormidium limosum*, діатомеї *Diploneis oblongella*, *Stephanodiscus hantzschii*, зелені водорості *Monoraphidium arcuatum*, *Acutodesmus acuminatus*, *Coelastrum microporum*, тощо.

Влітку та восени 2020 року вміст полігалобів на твердих субстратах був в 1,2-1,5 рази більшим порівняно з минулорічними показниками (див. табл. 12). Восени кількість мезогалобів була в 1,8, галофілів – в 2,3, а індіферентів – в 1,7 рази вище, ніж торік.

Загальна чисельність мікрофітобентосу твердих субстратів у водному масиві CW5 влітку скоротилась в 2,6, а біомаса – в 1,7-4,0 рази порівняно з 2019 роком (табл. 13).

Впродовж року загальна чисельність мікрофітів на твердих субстратах у CW5 зросла в 1,8-7,9 рази. Максимальний показник сумарної чисельності мікроводоростей на них восени 2020 року у CW5 зріс в 2,1 рази порівняно з минулорічним, а у CW6, навпаки, скоротився в 1,2 рази. Але у CW7 чисельність мікрофітобентосу знизилась в 1,1-2,9 рази. Показники біомаси мікрофітобентосу твердих субстратів у CW5 впродовж 2020 року збільшились у 2,3-3,5 рази. Осінню у прибережжях Дністровського та Дніпро-Бузького районів біомаса

донних мікрофітів зросла в 1,8-11,0 разів, здебільшого, за рахунок дінофітових та діатомових водоростей (порівняно з попереднім роком).

Таблиця 13 – Кількісні показники стану мікрофітобентосу твердих субстратів прибережжя ПЗЧМ в 2019-2020 роках

Показники	Літо		Осінь	
	2019	2020	2019	2020
Чисельність, млн.кл./м ²				
CW4	-	-	-	3,21-10,06·10 ³
CW5	0,28-7,43·10 ³	0,45-2,88·10 ³	0,86-10,78·10 ³	0,81-22,74·10 ³
CW6	-	-	0,13 - 5,63·10 ³	0,50 - 4,82·10 ³
CW7	-	-	4,02 - 8,19·10 ³	1,37 - 7,58·10 ³
Біомаса, мг/м ²				
CW4	-	-	-	0,25-1,50·10 ³
CW5	0,19-6,26·10 ³	0,11-1,58·10 ³	0,18-1,55·10 ³	0,39-3,62·10 ³
CW6	-	-	0,01-0,83·10 ³	0,11-1,47·10 ³
CW7	-	-	0,59-0,73·10 ³	1,34-1,67·10 ³

Влітку у водному масиві CW5 кількість видів мікроводоростей на твердих субстратах становила 16-47, чисельність – 452,72-2 876,17 млн. кл./м², біомаса – 114,43-1 579,42 мг/м² (табл. 14). Найнижчі кількість видів (на бетоні) та чисельність мікрофітобентосу (на стулках мідій) були в акваторії, прилеглій до мису Малий Фонтан, а біомаса – на пляжі «Дельфін». Найвища чисельність мікрофітів була у водному довкіллі пляжу «Аркадія», а біомаса – поблизу санаторію ім. Чкалова.

На пухких ґрунтах кількість видів мікрофітів варіювала від 17 до 31, чисельність дорівнювала 284,78-1 243,69 млн. кл./м², біомаса – 77,36-352,13 мг/м² (табл. 15). Тобто, їхня чисельність тут була в 1,6-2,3, а біомаса – в 1,5-4,5 рази меншими, ніж на твердих субстратах. Найнижчі значення чисельності та біомаси мікроводоростей на піщаних субстратах зареєстровані в акваторії пляжу «Аркадія», а найвищі – біля мису Малий Фонтан і санаторію ім. Чкалова.

За чисельністю в літньому мікрофітобентосі усіх досліджених акваторій домінували синьо-зелені водорості *L. fragilis*, *L. confervoides*, *C. scopulorum*,

Gloeocapsopsis crepidium та діатомові *A. brevipes*, *Licmophora gracilis*, *N. ramosissima* і *T. fasciculata*.

Таблиця 14 – Систематичні та кількісні показники розвитку
мікрофітобентосу твердих субстратів прибережжя
ПЗЧМ влітку 2020 року

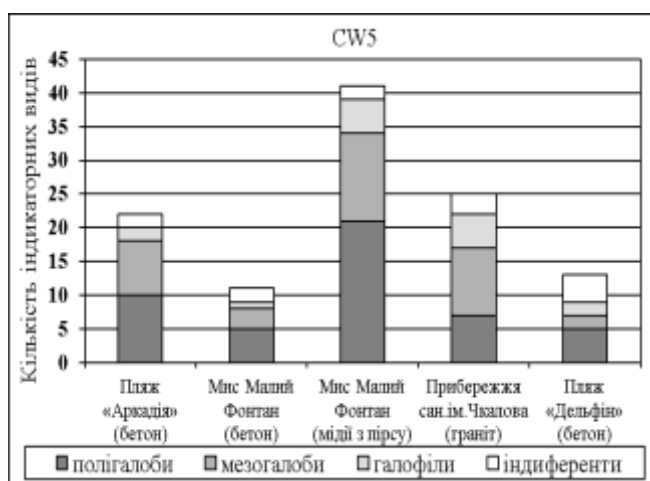
Відділи водоростей	Водні масиви				
	CW5				
	Пляж «Аркадія»	Мис Малий Фонтан		Прибережжя сан.ім. Чкалова	Пляж «Дельфін»
	бетон	бетон	мідії з пірсу	граніт	бетон
Кількість видів					
Цуанопрокaryota	11	8	7	7	9
Dinophyta	1	-	2	1	-
Cryptophyta	1	1	1	-	1
Chrysophyta	2	2	2	1	-
Bacillariophyta	15	4	33	17	6
Chlorophyta	1	-	1	1	2
Інші	1	1	1	1	1
Всього	32	16	47	28	19
Чисельність (млн. кл./м ²)					
Цуанопрокaryota	2 777,06	1 973,33	356,86	2 320,26	2 229,59
Dinophyta	0,53	-	0,30	0,27	-
Cryptophyta	0,67	0,40	1,33	-	0,27
Chrysophyta	1,73	1,46	1,37	1,10	-
Bacillariophyta	93,54	3,33	90,42	469,69	4,79
Chlorophyta	0,27	-	0,22	0,93	0,80
Інші	2,27	3,20	2,22	4,80	3,10
Всього	2 876,17	1 981,72	452,72	2 797,05	2 238,55
Біомаса (мг/м ²)					
Цуанопрокaryota	230,59	187,91	13,59	97,00	111,24
Dinophyta	0,48	-	1,00	0,50	-
Cryptophyta	0,06	0,04	0,13	-	0,03
Chrysophyta	0,38	0,14	0,87	0,07	-
Bacillariophyta	189,31	1,52	703,04	1 481,32	2,80
Chlorophyta	0,05	-	0,4	0,22	0,16
Інші	0,15	0,21	0,15	0,31	0,20
Всього	421,02	189,82	718,82	1 579,42	114,43

Основу біомаси мікрофітобентосу створювали крупноклітинні діатомеї *T. fasciculata*, *Melosira moniliformis* і види родів *Amphora*, *Gyrosigma*, *Nitzschia*.

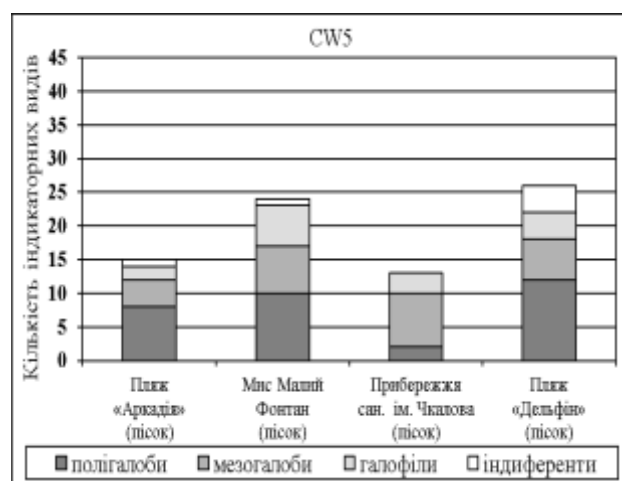
Таблиця 15 – Систематичні та кількісні показники розвитку
мікрофітобентосу пухких субстратів прибережжя
ПЗЧМ влітку 2020 року

Відділи водоростей	Водні масиви			
	CW5			
	Пляж «Аркадія» (пісок)	Мис Малий Фонтан (пісок)	Прибережжя сан.ім. Чкалова (пісок)	Пляж «Дельфін» (пісок)
Кількість видів				
Суанопрокaryota	2	3	3	3
Dinophyta	4	-	1	3
Cryptophyta	1	1	1	1
Chrysophyta	1	1	2	1
Bacillariophyta	11	22	9	21
Chlorophyta	-	-	-	1
Інші	1	1	1	1
Всього	20	28	17	31
Чисельність (млн. кл./м ²)				
Суанопрокaryota	215,33	1 082,19	1 091,65	513,30
Dinophyta	7,52	-	0,62	2,50
Cryptophyta	5,63	1,88	3,76	4,40
Chrysophyta	1,88	9,40	9,39	6,25
Bacillariophyta	43,15	142,71	45,69	95,79
Chlorophyta	-	-	-	1,26
Інші	11,27	7,51	10,65	5,00
Всього	284,78	1 243,69	1 161,76	628,50
Біомаса (мг/м ²)				
Суанопрокaryota	2,84	22,98	21,73	8,14
Dinophyta	13,22	-	1,14	8,21
Cryptophyta	0,62	0,17	0,35	0,41
Chrysophyta	0,12	0,62	0,70	0,41
Bacillariophyta	59,54	240,94	327,51	182,47
Chlorophyta	-	-	-	0,30
Інші	1,02	0,50	0,70	0,33
Всього	77,36	265,21	352,13	200,27

Полігалоби *C. costata*, *A. brevipes*, *L. gracilis* переважали на більшості досліджених акваторій, за винятком прибережжя сан. ім. Чкалова, яке знаходилося під впливом санаторних стічних вод (рис. 9). На всіх типах субстратів тут найширше були представлені мезогалобні водорості, зокрема *C. closterium* і види роду *Melosira*.



а)

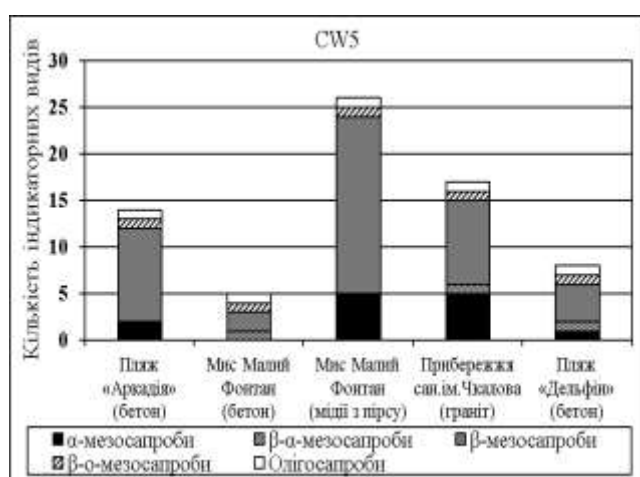


б)

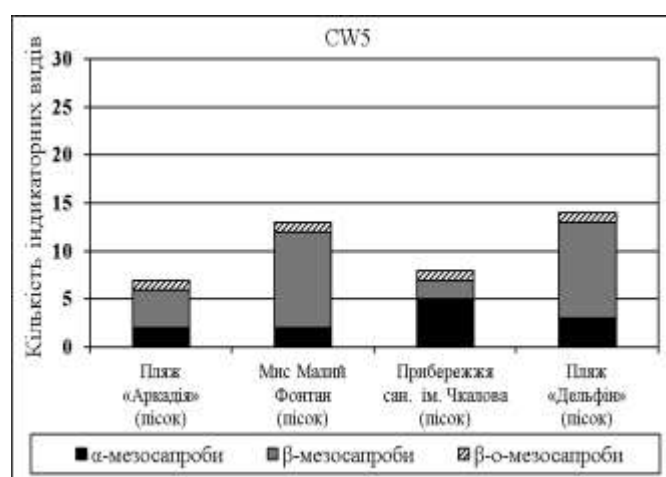
Рисунок 9 – Галобіонтний склад мікрофітобентосу твердих а) та пухких б) субстратів прибережжя ПЗЧМ влітку 2020 року

В акваторії пляжу «Дельфін», що знаходиться в зоні змішування дренажних та морських вод, спостерігалось більше індивідуальностей. Це ціанопрокаріота *M. glauca*, діатомеї *Achnanthes minutissima* var. *minutissima*, *Nitzschia pusilla*, зелена водорість *M. arcuatum*, тощо.

По відношенню до органічного забруднення води знайдені водорості, здебільшого, були β -мезосапроби (рис. 10).



а)



б)

Рисунок 10 – Сапробіонтний склад мікрофітобентосу твердих а) та пухких б) субстратів прибережжя ПЗЧМ влітку 2020 року

Серед них переважали *A. brevipes*, *L. gracilis*, тощо. Найменше їх було поблизу мису Малий Фонтан на бетоні, а найбільше – на стулках мідій з тієї ж акваторії. Види α -мезосапроби (зокрема, представники роду *Melosira*) найчастіше зустрічалися в районі сан. ім. Чкалова на всіх типах ґрунтів. Широко розповсюдженими тут були й α -мезосапробні діатомеї *C. choctawhatcheeana* і *Halamphora coffeaeformis*. Восени 2020 року кількість знайдених видів мікрофітів на твердих субстратах у CW4 варіювала від 20 до 27, у CW5 – від 14 до 58, у CW6 їхній систематичний склад нараховував від 26 до 65 видів, а у CW7 – від 41 до 58 (табл. 16).

Таблиця 16 – Кількість видів водоростей мікрофітобентосу твердих субстратів прибережжя ПЗЧМ восени 2020 року

Водні масиви		Відділи водоростей								Всього
		Cyanoprokaryota	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	
CW4	Пляж смт Затока (бетон)	11	-	2	1	-	11	1	1	27
	Пляж смт Затока (граніт)	7	-	1	-	1	10	-	1	20
CW5	Дача Ковалевського (бетон)	7	-	1	-	-	11	-	1	20
	Дача Ковалевського (граніт)	5	-	1	-	-	30	1	1	38
	Пляж «Аркадія» (бетон)	8	-	2	-	1	14	-	1	26
	Мис Малий Фонтан (бетон)	9	-	1	1	1	1	-	1	14
	Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	10		2	1	1	43	-	1	58
	Прибережжя сан. ім. Чкалова (граніт)	9	-	1	1	1	26	-	1	39
	Пляж «Дельфін» (бетон)	8	-	1	1	1	18	1	1	31
	Пляж «Дельфін» (черепашиник)	8	-	4	1	-	32	-	1	46

Кінець таблиці 16

Водні масиви		Відділи водоростей								
		Cyanoprokaryota	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	Всього
CW6	Одеський порт (мідії з причалу)	6	1	8	1	1	46	1	1	65
	Одеський порт (донні мідії)	5	-	5	1	1	15	-	1	28
	Лузанівка I (бетон)	10	1	7	1	1	3	2	1	26
CW7	Пляж м. Южне (черепашник)	6	-	4	-	1	45	1	1	58
	Пляж с. Коблеве (залізо)	11	-	8	1	1	18	1	1	41

На більшості досліджених акваторій його формували, здебільшого, діатомеї та ціанопрокаріоти. В прибережжях Коблевого, пляжу м. Южне, Одеського порту, Лузанівки I та пляжу «Дельфін» широко представлені були також дінофітові водорості (від 4 до 8 видів).

В осінній сезон року на піщаних ґрунтах у CW4 було зареєстровано 27 видів мікроводоростей, у CW5 їх кількість коливалася від 15 до 37, у CW6 – від 30 до 31, а у CW7 – від 20 до 33 видів (табл. 17). Повсюдно переважали діатомові, часто траплялися дінофітові водорості, менше було синьо-зелених.

Чисельність мікрофітобентосу на твердих субстратах осінню у CW4 становила 3 210,28-10 057,22 17 млн. кл./м², у CW5 – 812,08-22 740,59 млн. кл./м², у CW6 вона змінювалась від 500,57 до 4 822,81 млн. кл./м², а у CW7 – від 1 374,01 до 7 584,24 млн. кл./м² (табл. 18). Основу її повсюдно становили ціанопрокаріоти (від 65,1 % в акваторії Одеського порту (на стулках мідій з причалу) до 99,9 % біля мису Малий Фонтан (на бетоні). Численними були й діатомеї, які найбільш інтенсивно розвивалися у водних масивах CW5 (на граніті в прибережжях Дачі Ковалевського та санаторію ім. Чкалова і на черепашнику пляжу «Дельфін»).

Таблиця 17 – Кількість видів водоростей мікрофітобентосу пухких субстратів прибережжя ПЗЧМ восени 2020 року

Водні масиви		Відділи водоростей								
		Цуанорокаріота	Еугленопфіта	Дінофіта	Криптофіта	Хризопфіта	Бациларіопфіта	Хлорофіта	Інші	Всього
CW4	Пляж смт Затока (пісок)	3	-	4	1	1	17	-	1	27
CW5	Дача Ковалевського (пісок)	2	-	3	1	1	11	-	1	19
	Пляж «Аркадія» (пісок)	2	-	6	1	1	5	-	1	16
	Мис Малий Фонтан (пісок)	3	-	4	1	1	5	-	1	15
	Прибережжя сан. ім. Чкалова (пісок)	6	-	2	-	1	27	-	1	37
	Пляж «Дельфін» (пісок)	3	-	4	1	1	19	-	1	29
CW6	Лузанівка I (пісок)	6	1	9	1	1	12	-	1	31
	Лузанівка II (пісок)	4	1	8	1	1	14	-	1	30
CW7	Пляж м. Южне (пісок)	3	-	6	1	1	8	-	1	20
	Пляж с. Коблеве (пісок)	6	-	9	1	1	14	1	1	33

Таблиця 18 – Чисельність (млн. кл./м²) мікрофітобентосу твердих субстратів прибережжя ПЗЧМ
восени 2020 року

Водні масиви		Відділи водоростей								
		Cyanoprokaryota	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	Всього
CW4	Пляж смт Затока (бетон)	10 024,70	-	0,26	0,67	-	29,06	0,80	1,73	10 057,22
	Пляж смт Затока (граніт)	3 198,38	-	0,10	-	0,10	10,30	-	1,40	3 210,28
CW5	Дача Ковалевського (бетон)	8 902,83	-	0,28	-	-	216,74	-	2,82	9 122,67
	Дача Ковалевського (граніт)	614,85	-	0,67	-	-	323,10	0,17	3,84	942,63
	Пляж «Аркадія» (бетон)	9 592,26	-	0,53	-	0,67	57,98	-	2,93	9 654,37
	Мис Малий Фонтан (бетон)	10 021,73	-	0,13	0,13	0,53	2,67	-	1,47	10 026,66
	Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	691,90	-	1,75	0,28	1,88	114,87	-	1,40	812,08
	Прибережжя сан.ім. Чкалова (граніт)	22 220,74	-	0,43	0,21	2,77	510,89	-	5,55	22 740,59
	Пляж «Дельфін» (бетон)	7 651,47	-	0,13	0,93	0,80	97,70	0,27	2,27	7 753,57
	Пляж «Дельфін» (черепашник)	15 317,75	-	3,50	0,75	-	343,00	-	2,25	15 667,25
CW6	Одеський порт (мідії з причалу)	739,77	0,12	48,34	1,88	8,40	330,65	0,25	7,00	1 136,41
	Одеський порт (донні мідії)	472,62	-	3,69	0,94	2,28	18,29	-	2,75	500,57
	Лузанівка I (бетон)	4 804,12	0,13	2,13	0,80	0,40	8,67	1,23	5,33	4 822,81
CW7	Пляж м. Южне (черепашник)	914,93	-	1,46	-	0,27	451,98	0,27	5,10	1 374,01
	Пляж с. Коблеве (залізо)	7 503,73	-	36,92	0,80	1,33	38,13	0,80	2,53	7 584,24

Чисельність мікрофітів на пухких субстратах у CW4 становила 1 643,80 млн. кл./м², у CW5 вона варіювала від 979,35 до 3 719,61 млн. кл./м², у CW6 – від 927,70 до 1 975,61, а у CW7 – від 1 277,60 до 1 630,68 млн. кл./м² (табл. 19).

Таблиця 19 – Чисельність (млн. кл./м²) мікрофітобентосу пухких субстратів прибережжя ПЗЧМ восени 2020 року

Водні масиви		Відділи водоростей								
		Цианопрокарюта	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	Всього
CW4	Пляж смт Затока (пісок)	1 506,73	-	13,13	8,13	3,14	93,27	-	19,40	1 643,80
CW5	Дача Ковалевського (пісок)	1 634,50	-	5,65	3,14	0,62	52,60	-	16,90	1 713,41
	Пляж «Аркадія» (пісок)	901,95	-	16,27	4,75	2,71	44,15	-	9,52	979,35
	Мис Малий Фонтан (пісок)	1 066,52	-	3,08	1,57	3,92	14,86	-	13,31	1 103,26
	Прибережжя сан. ім. Чкалова (пісок)	3 588,13	-	2,50		1,88	117,10	-	10,00	3 719,61
	Пляж «Дельфін» (пісок)	951,79	-	12,06	1,35	4,00	85,67	-	16,10	1 070,97
CW6	Лузанівка I (пісок)	1 800,91	0,62	99,55	3,14	3,14	55,72	-	12,53	1 975,61
	Лузанівка II (пісок)	637,88	0,62	237,23	4,40	3,76	35,04	-	8,77	927,70
CW7	Пляж м. Южне (пісок)	1 192,45	-	22,54	3,14	3,76	35,05	-	20,66	1 277,60
	Пляж с. Коблеве (пісок)	1 320,85	-	238,47	5,63	5,00	36,31	0,62	23,80	1 630,68

Ці показники були обумовлені розвитком ціанопрокаріот, відсоток яких був найнижчим в акваторії Лузанівки II (68,8 %), а найвищим – поблизу мису Малий Фонтан (96,7 %). Значну роль у формуванні чисельності мікрофітобентосу пухких субстратів на пляжах Лузанівки II та с. Коблеве відігравали також дінофітові водорості – 25,6 % та 14,6 %, відповідно. Значно менше було діатомей.

Мікрowodорості, здебільшого, інтенсивніше розвивалися на твердих субстратах, ніж на пухких. Їхня чисельність на бетоні та граніті у CW4 була вищою, ніж на піску, в 6,1 та 2,0 рази, відповідно (див. табл. 17, 18). Максимальні показники чисельності мікрофітобентосу на твердих субстратах у водних масивах CW5 та CW6 були в 6,1 та 2,4 рази більшими, ніж на пухких ґрунтах. У CW7 на залізі та черепашнику мікрофіти також були в 1,1-4,7 рази численнішими за водорості, розвинуті на піску.

В осінній сезон року біомаса мікрофітобентосу на твердих субстратах у CW4 була 244,54-1 497,10 мг/м², у CW5 – 392,75-3 617,51, у CW6 – 113,83-1 467,89, у CW7 – 1 340,55-1 665,36 мг/м² (табл. 20). Її формували, переважно, діатомові, синьо-зелені та дінофітові водорості. Найбільший вміст діатомей був на стулках мідій з прибережжя мису Малий Фонтан і з Одеського порту, на черепашнику в акваторіях пляжів м. Южне та «Дельфін» і на гранітних субстратах у ділянках моря поблизу Дачі Ковалевського та санаторію ім. Чкалова. Синьо-зелені водорості домінували на бетонних субстратах з пляжу Затоки, прибережжях Дачі Ковалевського, мису Малий Фонтан, пляжів «Дельфін» та «Аркадія». Дінофітові водорості були найширше представлені на залізному субстраті на пляжі с. Коблеве та на стулках донних мідій з Одеського порту.

На пухких субстратах в цей період біомаса мікрофітів становила: у CW4 – 343,13 мг/м², у CW5 – 27,40-1 843,91, у CW6 – 620,74-977,22, а у CW7 – 519,22-4 482,35 мг/м² (табл. 21) за рахунок, здебільшого, діатомей, дінофітових водоростей та ціанопрокаріот. Діатомові були наймасовішими на піщаних субстратах в прибережжі санаторію ім. Чкалова, на пляжах смт Затока та с. Коблеве, дінофітові – на пляжах с. Коблеве, Лузанівки I, Лузанівки II та м. Южне.

Таблиця 20 – Біомаса (мг/м²) мікрофітобентосу твердих субстратів прибережжя ПЗЧМ восени 2020 року

Водні масиви		Відділи водоростей								
		Cyanoprokaryota	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	Всього
CW4	Пляж смт Затока (бетон)	1 482,59	-	0,59	0,06	-	13,70	0,05	0,11	1 497,10
	Пляж смт Затока (граніт)	235,60	-	0,76	-	0,01	8,07	-	0,10	244,54
CW5	Дача Ковалевського (бетон)	1 592,04	-	7,06	-	-	245,38	-	0,20	1 844,67
	Дача Ковалевського (граніт)	16,62	-	17,20	-	-	358,66	0,02	0,25	392,75
	Пляж «Аркадія» (бетон)	2 095,05	-	9,20	-	0,04	143,93	-	0,19	2 248,41
	Мис Малий Фонтан (бетон)	1 059,57	-	0,24	0,01	0,03	0,50	-	0,10	1 060,45
	Мис Малий Фонтан (мідії з пірсу)	78,73	-	18,23	0,03	0,12	468,00	-	0,10	565,21
	Прибережжя сан.ім. Чкалова (граніт)	1 543,12	-	0,80	0,02	0,18	696,01	-	0,36	2 240,49
	Пляж «Дельфін» (бетон)	401,37	-	0,24	0,09	0,05	273,91	0,06	0,15	675,87
	Пляж «Дельфін» (черепашник)	2 410,50	-	80,77	0,07	-	1 126,02	-	0,15	3 617,51
CW6	Одеський порт (мідії з причалу)	26,07	0,32	463,50	0,88	0,55	976,05	0,06	0,46	1 467,89
	Одеський порт (донні мідії)	3,96	-	78,49	0,09	0,15	30,96	-	0,18	113,83
	Лузанівка I (бетон)	710,65	0,10	22,12	0,08	0,03	1,85	0,37	0,35	735,55
CW7	Пляж м. Южне (черепашник)	63,08	-	13,54	-	0,02	1 263,52	0,06	0,33	1 340,55
	Пляж с. Коблеве (залізо)	813,31	-	780,69	0,08	0,10	70,80	0,21	0,17	1 665,36

Таблиця 21 – Біомаса (мг/м²) мікрофітобентосу пухких субстратів
прибережжя ПЗЧМ восени 2020 року

Водні масиви		Відділи водоростей								
		Цуанопрокаріоти	Euglenophyta	Dinophyta	Cryptophyta	Chrysophyta	Bacillariophyta	Chlorophyta	Інші	Всього
CW4	Пляж сmt Затока (пісок)	22,67	-	130,11	0,77	0,21	188,10	0,05	1,27	343,13
CW5	Дача Ковалевського (пісок)	37,65	-	66,44	0,30	0,04	27,73	-	1,11	133,27
	Пляж «Аркадія» (пісок)	11,39	-	182,80	0,45	0,18	14,26	-	0,62	209,70
	Мис Малий Фонтан (пісок)	13,85	-	5,50	0,15	0,26	6,77	-	0,87	27,40
	Прибережжя сан. ім. Чкалова (пісок)	1 079,08	-	5,41		0,12	758,65	-	0,65	1 843,91
	Пляж «Дельфін» (пісок)	22,29	-	89,18	0,13	0,26	96,07	-	1,10	209,03
CW6	Лузанівка I (пісок)	53,33	0,45	519,39	0,30	0,20	46,25	-	0,82	620,74
	Лузанівка II (пісок)	24,70	0,25	909,40	0,41	0,25	41,64	-	0,57	977,22
CW7	Пляж м. Южне (пісок)	22,16	-	453,49	0,30	0,25	41,67	-	1,35	519,22
	Пляж с. Коблеве (пісок)	37,26	-	4 316,66	0,53	0,33	125,86	0,15	1,56	4 482,35

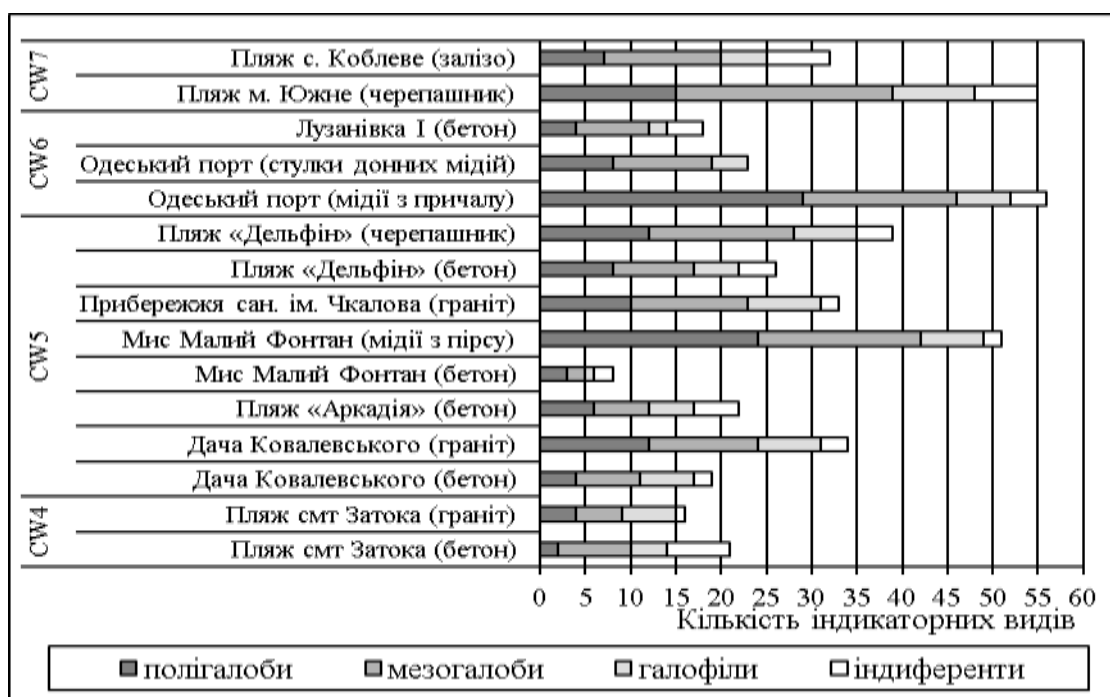
Ціанопрокаріоти відігравали значну роль у біомасі мікрофітобентосу лише в акваторіях, прилеглих до мису Малий Фонтан і санаторію ім. Чкалова.

Осінню чисельність мікрофітобентосу формували (майже повсюдно) синьо-зелені водорості *L. fragilis*, *L. confervoides*, *C. scopulorum*, *Ph. limosum* та діатомові *A. brevipes*, *L. gracilis*, *N. ramosissima* і *T. fasciculata*. Основу біомаси мікрофітів створювали крупноклітинні діатомеї *T. fasciculata*, *M. moniliformis* і види родів *Amphora*, *Licmophora*, *Gyrosigma*, *Pleurosigma*, *Nitzschia*.

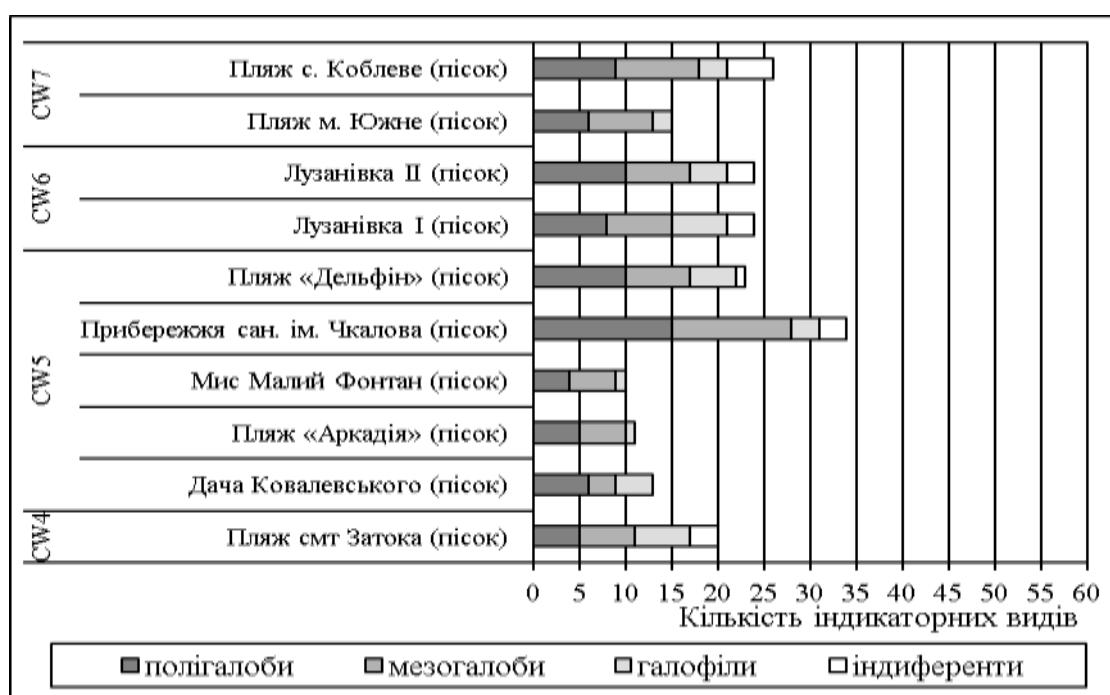
У формуванні систематичних та кількісних показників розвитку мікрофітобентосу, порівняно з 2019 роком, зросла роль дінофітових водоростей, що потрапили у бентос з планктону. Особливо інтенсивний розвиток восени був притаманний збуднику «цвітіння» морської води *L. polyedra*, чисельність якого у прибережжі Коблевого (CW7) на твердих та пухких субстратах сягала 34,13-119,56 млн. кл./м², а біомаса – 764,35-3 615,86 мг/м², відповідно. Цей вид, який на думку ряду вітчизняних вчених [47], є потенційно токсичним, був виявлений скрізь, крім акваторії, прилеглої до санаторію ім. Чкалова (CW5).

За отриманими показниками біомаси мікрофітобентосу на твердих субстратах, а також на піщаних ґрунтах (відповідно до характеристики трофності водних об'єктів України [50]), довкілля більшості досліджених ділянок ПЗЧМ влітку були, переважно, мезотрофними. Але середовище акваторій пляжів «Аркадія» і «Дельфін» та прибережжя мису Малий Фонтан відповідало класу «оліготрофне» (CW5). Восени такими були довкілля акваторій біля смт Затока (CW4), Дачі Ковалевського (CW5), мису Малий Фонтан (CW5) і в Одеському порту (CW6). В цей період за біомасою мікрофітів морські прибережні середовища санаторію ім. Чкалова (CW5) та с. Коблевого (CW7) були евтрофними.

Бентосні мікроводорості восени були, переважно, полі- та мезогалобами (рис. 11). Кількість полігалобів була найвищою на поверхнях стулок мідій в акваторіях Одеського порту і мису Малий Фонтан, мезогалобів, галофілів та індіферентів – на пляжі м. Южне. Галофіли та індіференти на твердих субстратах були широко представлені також на пляжах Коблевого та Затоки (рис. 11 (а)).



а)

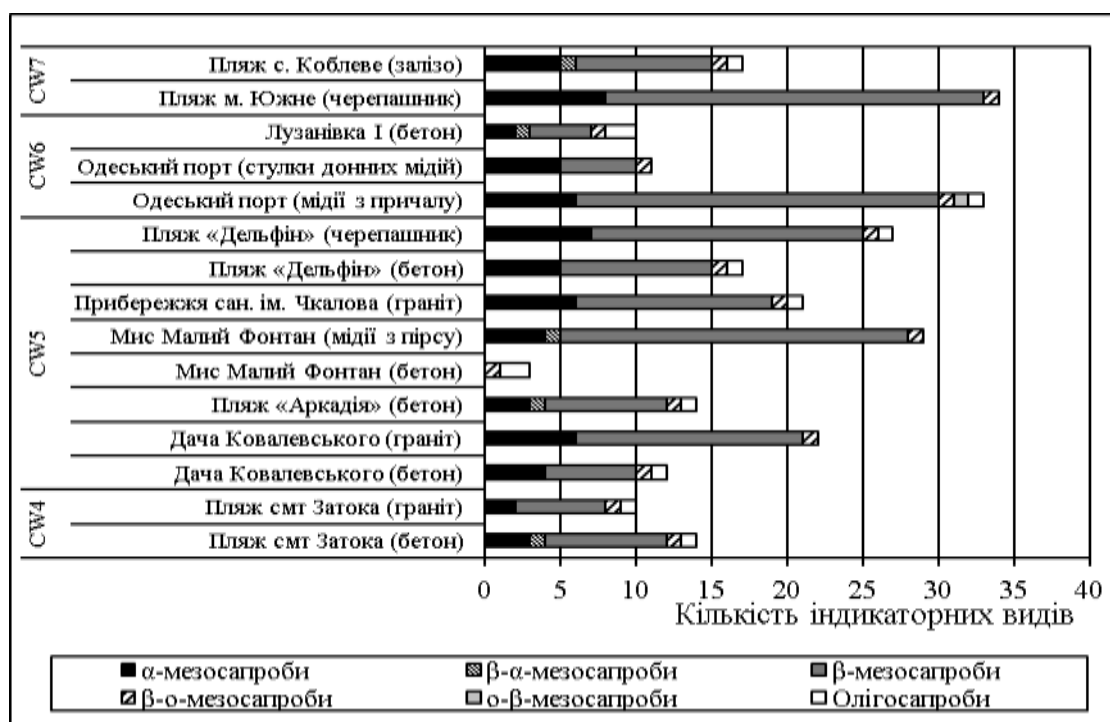


б)

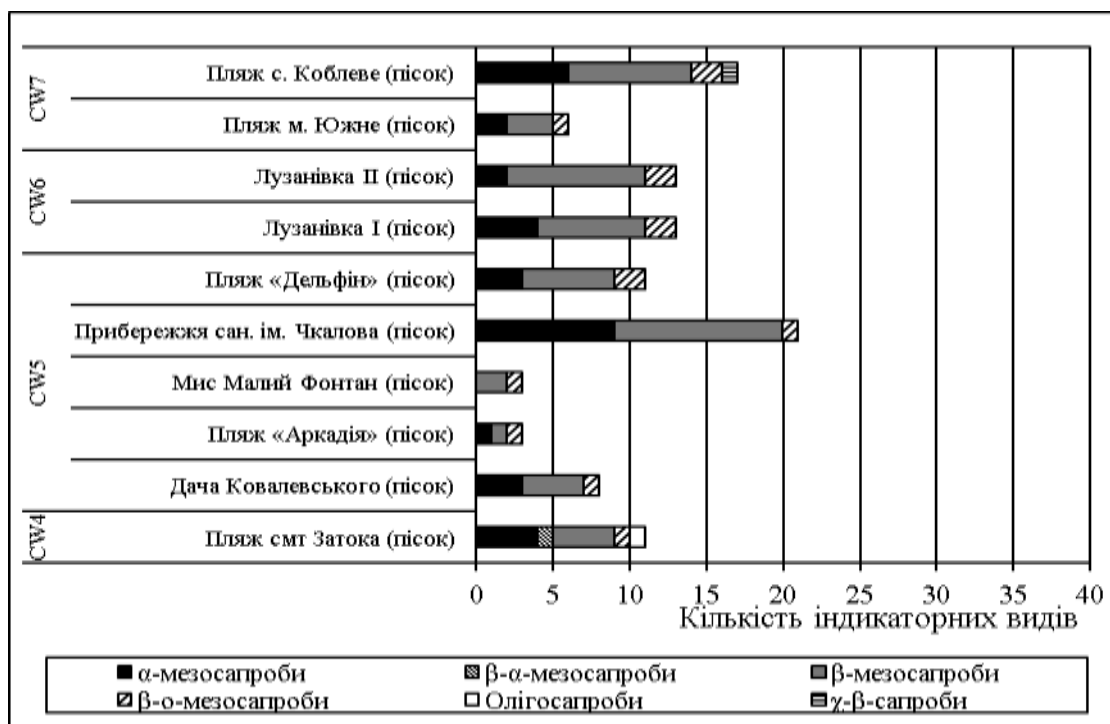
Рисунок 11 – Галобіонтний склад мікрофітобентосу а) - твердих та б) - пухких субстратів прибережжя ПЗЧМ восени 2020 року

На пухких субстратах найвища кількість полі- та мезогалобів спостерігалася в прибережжі сан. ім. Чкалова, галофілів – на пляжі смт Затока, а індіферентів – поблизу Коблевого (рис. 11 (б)).

По відношенню до органічного забруднення води протягом 2020 року домінували β -мезосапроби (рис. 12 та див. рис. 10).



а)



б)

Рисунок 12 – Сапробіонтний склад мікрофітобентосу а) - твердих та б) - пухких субстратів прибережжя ПЗЧМ восени 2020 року

З них найінтенсивніше вегетували діатомеї: *A. brevipes*, *L. gracilis*, *Navicula pennata*. Серед α -мезосапробів найчисленнішими були *M. moniliformis* і *T. fasciculata*, а також ціанопрокаріоти *Phormidium chalybeum* і *Ph. limosum*. Часто зустрічалися і показники помірного (β - α -мезосапробні ціанопрокаріота *M. glauca* і діатомея *Cyclotella meneghiniana*) та слабого органічного забруднення (β - α -мезосапробні ціанопрокаріоти *L. fragilis* і *M. elegans*, α - β -мезосапробна діатомея *Synedra pulchella*, олігосапробні ціанопрокаріоти *Chroococcus minutus*, *Ch. turgidus*. З'явився χ - β -мезосапроб: дінофітова водорість *Gymnodinium lacustre*.

Найменша загальна кількість видів-сапробіонтів у складі мікрофітобентосу та відсутність серед них α -мезосапробів були притаманні акваторії, прилеглій до мису Малий Фонтан (CW5) (на бетоні та піску). Найвищий вміст сапробіонтних видів водоростей, зокрема α -мезосапробів, спостерігався на черепашнику з пляжу м. Южне (CW7) та на мідіях з причалу Одеського порту (CW6) (рис. 12 (а)), а також на піску з прибережжя сан. ім. Чкалова (CW5) (рис. 12 (б)).

Таким чином, у видовому складі мікрофітобентосу різних субстратів досліджених морських ділянок переважали полі- та мезогалобні і β -мезосапробні діатомеї. Рідше зустрічалися ціанопрокаріоти і дінофітові водорості. Олігогалоби (галофіли та індіференти) були ширше представлені в частинах моря, що зазнають впливу опріснених лиманних та дренажних вод, зокрема в акваторіях пляжів м. Южне, «Дельфін», Коблевого та Затоки. Види α -мезосапроби були більш розповсюджені в антропогенізованих морських ділянках – прибережжях санаторію ім. Чкалова та с. Коблеве, на пляжі «Дельфін» та в Одеському порту.

5.2 Оцінка екологічного стану довкілля чорноморських водних масивів за шкалами трофності та сапробності мікрофітобентосу

У 2020 році також була проведена оцінка екологічного стану довкілля водних масивів CW4, CW5, CW6, та CW7 за шкалами та класами трофності [50] та

сапробності [19] по показниках загальної чисельності клітин водоростей (див. табл. 3) та кількості видів α -мезосапробів (див. табл. 4) у мікрофітобентосі твердих субстратів, як індикаторних характеристик відгуків цих чутливих організмів-моніторів на умови мешкання у різних ділянках ПЗЧМ (табл. 22-23).

Встановлено, що по показниках загальної чисельності мікрофітобентосу твердих субстратів переважна більшість досліджених ділянок моря належала до мезотрофного класу, що цілком відповідає ДЕС вод. Акваторія, прилегла до мису Малий Фонтан, влітку належала до оліготрофного класу, а її екологічний стан був відмінним. Восени прибережжя санаторію ім. Чкалова та водне довкілля пляжу «Дельфін» належали до евтрофного класу, а їх екологічний стан був задовільним.

Згідно з WFD, наявність або відсутність індикаторних видів можуть бути важливими параметрами для досліджень реакції водної флори на зміни умов у оточуючому їх середовищі. Показник кількості α -мезосапробних видів в угрупованні мікрофітобентосу доцільно використовувати для оцінки екологічної якості довкілля. Він відображає зв'язок між сапробністю і трофністю та чітко показує ступінь евтрофікації ділянок прибережжя ПЗЧМ. За вмістом α -мезосапробів на твердих субстратах переважна більшість акваторій, обстежених впродовж 2020 року, належали до β - і α -мезосапробних класів (див. рис. 10 та рис. 12), тобто мали добрий та задовільний екологічний стан.

У водному масиві CW5 акваторія, прилегла до мису Малий Фонтан, де впродовж року були відсутні α -мезосапроби, та морська ділянка біля пляжу «Дельфін», де влітку був лише один α -мезосапробний вид (*C. choctawhatcheeana*), належали до олігосапробних, тобто їхній екологічний стан був відмінним. А найвища кількість α -мезосапробів спостерігалася в акваторії пляжу м. Южне (CW7), екологічний стан якої був посереднім.

На більшості досліджених станцій кількість α -мезосапробних видів водоростей на поверхнях твердих субстратів суттєво не змінювалась протягом року, що свідчить про стабільність екологічного стану морського довкілля. Було також проаналізовано середні показники розвитку мікрофітобентосу на пухких субстратах прибережжя ПЗЧМ в літні та осінні сезони 2014-2020 років (табл. 24).

Таблиця 22 – Оцінка екологічного стану довкілля водних масивів ПЗЧМ
за шкалою та класами трофності [50] по чисельності
мікрофітобентосу твердих субстратів у 2020 році (млн. кл/м²)

Клас екологічного стану вод			1	2	3	4	5
			Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Погааний (bad)
Водні масиви		Кольоровий код	синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
		Шкала трофності, млн. кл/м ²	0,10·10 ³ -0,49·10 ³	0,50·10 ³ -14,99·10 ³	15,00·10 ³ -49,99·10 ³	50,00·10 ³ -199,99·10 ³	≥200,00·10 ³
		Класи трофності	Оліготрофний	Мезотрофний	Евтрофний	Політрофний	Гіпертрофний
CW4	Пляж смт Затока (бетон)	Літо					
		Осінь		10,06·10 ³			
	Пляж смт Затока (граніт)	Літо					
		Осінь		3,21·10 ³			
CW5	Дача Ковалевського (бетон)	Літо					
		Осінь		9,12·10 ³			
	Дача Ковалевського (граніт)	Літо					
		Осінь		0,94·10 ³			
	Пляж «Аркадія» (бетон)	Літо		2,88·10 ³			
		Осінь		9,65·10 ³			
	Мис М. Фонтан (бетон)	Літо		1,98·10 ³			
		Осінь		10,03·10 ³			
	Мис М. Фонтан (мідії з пірсу)	Літо	0,45·10 ³				
		Осінь		0,81·10 ³			
	Прибережжя сан. ім. Чкалова (граніт)	Літо		2,80·10 ³			
		Осінь			22,74·10 ³		
	Пляж «Дельфін» (бетон)	Літо		2,24·10 ³			
		Осінь		7,75·10 ³			
	Пляж «Дельфін» (черепашник)	Літо					
		Осінь			15,67·10 ³		
CW6	Одеський порт (мідії з причалу)	Літо					
		Осінь		1,14·10 ³			
	Одеський порт (донні мідії)	Літо					
		Осінь		0,50·10 ³			
	Лузанівка І (бетон)	Літо					
		Осінь		4,82·10 ³			
CW7	Пляж м. Южне (черепашник)	Літо					
		Осінь		1,37·10 ³			
	Пляж с.Коблеве (залізо)	Літо					
		Осінь		7,58·10 ³			

Таблиця 23 – Оцінка екологічного стану довкілля водних масивів ПЗЧМ
за шкалою та класами сапробності [19] по α -мезосапробах
у мікрофітобентосі твердих субстратів у 2020 році

Клас екологічного стану вод			1	2	3	4	5
			Відмінний (high)	Добрий (good)	Задовільний (moderate)	Посередній (poor)	Погааний (bad)
Водні масиви	Кольоровий код		синій	зелений	жовтий	оранжевий	червоний
	Шкала сапробності (кількість видів α -мезосапробів, од.)		0,0-1,0	2,0-4,0	5,0-7,0	8,0-10,0	$\geq 11,0$
	Клас сапробності		Олігосапробний	β -мезосапробний	α -мезосапробний	Полісапробний	Гіперсапробний
CW4	Пляж смт Затока (бетон)	Літо					
		Осінь		3			
	Пляж смт Затока (граніт)	Літо					
		Осінь		2			
CW5	Дача Ковалевського (бетон)	Літо					
		Осінь		4			
	Дача Ковалевського (граніт)	Літо					
		Осінь			6		
	Пляж «Аркадія» (бетон)	Літо		2			
		Осінь		3			
	Мис М. Фонтан (бетон)	Літо	0				
		Осінь	0				
	Мис М. Фонтан (мідії з пірсу)	Літо			5		
		Осінь		4			
	Прибережжя сан. ім. Чкалова (граніт)	Літо			5		
		Осінь			6		
	Пляж «Дельфін» (бетон)	Літо	1				
		Осінь			5		
	Пляж «Дельфін» (черепашник)	Літо					
		Осінь			7		
CW6	Одеський порт (мідії з причалу)	Літо					
		Осінь			6		
	Одеський порт (донні мідії)	Літо					
		Осінь			5		
	Лузанівка І (бетон)	Літо					
		Осінь		2			
CW7	Пляж м. Южне (черепашник)	Літо					
		Осінь				8	
	Район с.Коблеве (залізо)	Літо					
		Осінь			5		

Таблиця 24 – Середні показники розвитку мікрофітобентосу піщаних ґрунтів водних масивів ПЗЧМ
впродовж 2014-2020 років

Місце відбору проб води (водні масиви)	Літні сезони 2014-2020					Осінні сезони 2014-2020				
	Кількість років (n)	min	max	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)	Кількість років (n)	min	max	$\bar{x} \pm \sigma$	с. v. (%)
Середня загальна чисельність (млн.кл./м ²)										
Мис Малий Фонтан (пісок) (CW5)	6	623,44	9 387,77	2 857,98 ± 1 553,916	54,37	6	1 103,26	13 967,51	3 384,45 ± 2 280,832	67,39
Лузанівка II (пісок) (CW6)	5	1 307,04	6 672,56	3 494,79 ± 1 151,387	32,95	7	314,31	10 592,95	3 820,42 ± 1 555,055	40,70
Середня загальна біомаса (мг/м ²)										
Мис Малий Фонтан (пісок) (CW5)	6	42,51	791,74	313,93 ± 132,838	42,31	6	27,40	350,94	125,09 ± 57,364	45,86
Лузанівка II (пісок) (CW6)	5	38,74	263,14	136,54 ± 48,154	35,27	7	71,87	977,22	333,16 ± 136,970	41,11
Середня кількість α-мезосапробів										
Мис Малий Фонтан (пісок) (CW5)	6	1	3	1,67 ± 0,355	21,3	6	0	2	0,50 ± 0,355	71,00
Лузанівка II (пісок) (CW6)	5	2	4	2,40 ± 0,429	17,88	7	0	5	2,14 ± 0,756	35,33

Встановлено, що як влітку, так і восени в акваторії біля Лузанівки II середні показники чисельності та α -мезосапробних видів (а восени – й біомаси) мікрофітобентосу були дещо вищими у порівнянні з морською ділянкою поблизу мису Малий Фонтан. Чисельність водоростей влітку тут була вищою в 1,2, восени – в 1,1, біомаса восени – в 2,7 рази. Середня кількість α -мезосапробів влітку була в 1,4, а восени – в 4,3 рази вище у порівнянні з менш евтрофікованою вищенаведеною акваторією. Тобто, ділянка моря біля Лузанівки II була дещо більш органічно забрудненою, ніж прилегла до мису Малий Фонтан.

Ряд спостережень на пухких субстратах решти акваторій прибережжя ПЗЧМ наразі ще занадто короткий для ретроспективного аналізу та розробки шкали трофності з метою подальшої оцінки екологічного стану морського довкілля. Дані з кількісних показників розвитку чорноморського мікрофітобентосу на твердих та пухких субстратах в 60-х роках минулого століття містяться у деяких роботах румунських вчених [77]- [78].

Показник чисельності мікрофітобентосу твердих постійно зрошуваних кам'янистих субстратів, отриманий улітку 1964 року у румунських берегів, становив 1,2 млн. кл./см² (або $12,0 \cdot 10^3$ млн. кл./м²), а на мідях з глибин 8-12 м щільність обростань варіювала від 9,2 до 11,5 тис. кл./ см² [77]. На піщаних ґрунтах на глибині 12 м чисельність мікроводоростей коливалася від 8,0 до 85,6 тис. кл./см² (або 80,0-856,0 млн. кл./м²), а на мулистому дні на глибинах від 15 м до 30 м – від 7,0 до 260,0 тис. кл./ см² [78]. Максимальна біомаса мікрофітобентосу на піску влітку 1964 року сягала 3 096,0 мг/м². В травні 1965 року на слизистому покритті кам'янистого дна південніше від Констанци, на глибинах 5-8 м був знайдений мікрофітобентос у величезних кількостях 846-1 210 тис. кл./см².

Наведені Бодяну дані про стан мікрофітобентосу в 60-х – 70-х роках XX сторіччя [77]-[78] є безцінним матеріалом для порівняння в подальшому з нашими результатами поповнюємої наразі бази даних щодо стану бентосних мікроводоростей з різних типів морських субстратів та глибин.

ВИСНОВКИ

Впродовж 2020 року були проведені оцінка та діагноз екологічного стану довкілля водних масивів ПЗЧМ за методами біотестування та біоіндикації з використанням фізіолого-морфологічних, систематичних, кількісних, галобіонтних і сапробіонтних показників розвитку тест-об'єктів та організмів-індикаторів різних систематичних рівнів і чутливості.

На екологічний стан досліджуваних акваторій впливали, як антропогенні чинники (рекреаційне навантаження, скиди господарсько-побутових, дренажних та санаторних стоків, проведення портових операцій, тощо), так і природні (температура та солоність водних мас, штормові явища та ряд інших), що позначилося на показниках розвитку застосованих тест-об'єктів (дорослих мідій та їхніх личинок) і організмів-моніторів (водоростей мікрофітобентосу).

Біотестування якості морського довкілля різних за антропогенним навантаженням водних масивів ПЗЧМ, проведене восени на личинках мідій, виявило, що екологічні властивості досліджених вод у 2020 році в цілому значно покращилися, а їх якість зростала в ряду: CW7 → CW6 → CW5 → CW4.

Було встановлено, що найкращим екологічним станом (за показником відсотку утворених личинок мідій нормальної морфології при тестуванні вод) характеризувалися довкілля ряду ділянок з водних масивів:

- CW5 (Дача Ковалевського – 67,2 %, прибережжя мису Малий Фонтан – 65,2 %, пляжі «Дельфін» і «Аркадія» – 64,3 % та 61,6 %, відповідно);
- CW4 (пляж бази відпочинку «Альбатрос» в Затоці – 60,6 %);
- CW6 (Одеський порт – 51,6 %).

Вперше за 20 років моніторингових досліджень стану чорноморського довкілля методом біотестування якості вод на личинках мідій вищенаведені середовища ділянок водних масивів відповідали екологічному класу вод «добрий», а всі інші досліджені прибережні зони моря – класу «задовільний».

Проведені біотестування та біоіндикація якості вод Дністровського та Дніпро-Бузького районів ПЗЧМ виявили, що акваторії моря, розташовані біля Дачі Ковалевського та мису Малий Фонтан (CW5), мали найкращі екологічні властивості для розвитку гідробіонтів в прибережжі м. Одеси.

Актуальність роботи пов'язана із необхідністю використання в системі морського моніторингу сучасних інтегральних та економічно ефективних методів біотестування та біоіндикації з метою отримання наукової інформації щодо змін екологічного стану морського довкілля для наступного використання при розробці ДЕС та заходів щодо можливого покращення якості прибережних вод Чорноморського регіону і для адаптивного управління їх сучасним екологічним станом на базі екосистемного підходу, для підготовки Національної доповіді про стан довкілля України, для охорони у відкритій частині моря ботанічного заказника загальнодержавного значення «Філофорне поле Зернова», для участі у науково-практичних конференціях і для екологічної освіти населення, тощо.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Україна. Закони. Про охорону навколишнього природного середовища [Електронний ресурс] : закон України від 25.06.1991 р. № 1264-XII зі змінами та доповненнями // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>. – 26.12.2020. – Назва з екрану
- 2 Україна. Закони. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391 зі змінами та доповненнями // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-п>. – 26.12.2020. – Назва з екрану
- 3 Україна. Закони. Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 19.09.2018 р. № 758 зі змінами // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-п#Text>– 27.12.2020. – Назва з екрану
- 4 Україна. Закони. Про затвердження Концепції охорони та відтворення навколишнього природного середовища Азовського і Чорного морів [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 10.06.1998 р. N 1057 // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1057-98-п>. – 25.12.2020. – Назва з екрану
- 5 Україна. Закони. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [Електронний ресурс] : закон України від 28.02.19 р. № 2697-VIII // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2818-17>. – 24.12.2020. – Назва з екрану
- 6 Україна. Закони. Водний Кодекс України [Електронний ресурс] : Постанова Верховної Ради України від 06.06.95 р. № 214/95-ВР зі змінами та доповненнями

// Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр>. – 20.12.2020. – Назва з екрану

7 Strategic Action Plan for the Rehabilitation and Protection of the Black Sea (1996) [Electronic resource] / The Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution; Official Documents. – Режим доступу : http://www.blacksea-commission.org/_bssap1996.asp. – 25.12.2020. – Title from the screen

8 Україна. Закони. Про ратифікацію Угоди про партнерство і співробітництво між Україною і Європейськими Співтовариствами та їх державами-членами [Електронний ресурс] : закон України від 10.11.1994 р. № 237/94-ВР // Відомості Верховної Ради України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/237/94-вр> – 25.12.2020. – Назва з екрану

9 The European Parliament and the Council of the European Union. Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council [Text] // Official Journal of the European Union, of 24.12.2008. – 2008. – P. 84-97

10 The European Parliament and the Council of the European Union. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive) [Text] // Official Journal of the European Union, 25.06.2008. – 2008. – P. 19-40

11 Северо-западная часть Черного моря: биология и экология [Текст] : сб. науч. тр. / под. отв. ред. Ю. П. Зайцева, Б. Г. Александрова, Г. Г. Миничевой. – К. : Наукова думка, 2006. – 700 с.

12 Строганов Н. С. Метод биотестирования качества вод с использованием дафний [Текст] / Н. С. Строганов, Е. Ф. Исакова, Л. В. Колосова // Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. Вып. 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – С. 5-12

- 13 Филенко О. Ф. Некоторые принципы биотестирования токсичности загрязняемых природных вод [Текст] / О. Ф. Филенко // Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. Вып. 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – С. 185-193
- 14 Деньга Ю. М. Використання мідій у моніторингу якості вод рекреаційної зони моря [Текст] / Ю. М. Деньга, Л. Л. Красота, Е. Ф. Костильов // Устойчивое развитие экологического туризма на черноморском побережье : сб. материалов 3-го симпозиума : (10-13 июня 2003 г., Одесса) / Центр научно-технической, экономической и правовой информации. – Одесса : ЦНТЭПИ, 2003. – С. 62-72
- 15 Костылев Э. Ф. Методические аспекты оценки качества морской среды на основе показателей состояния мидий и водорослей-микрофитов [Текст] / Э. Ф. Костылев, Л. Л. Красота, А. В. Рачинская, М. С. Дидорчук // Моніторинг навколишнього середовища. Науково-методичне, нормативне, технічне, програмне забезпечення : матеріали наук.-практ. конф. (18-22 вересня 2006 р., АР Крим, м. Коктебель). – Коктебель : НПЦ «Екологія, наука, техніка», 2006. – С. 127-128
- 16 Красота Л. Л. Оценка состояния морской среды Одесского побережья по физиолого-морфологическим показателям черноморских мидий [Текст] / Л. Л. Красота // Причорноморський екологічний бюлетень. – Одеса, 2008. – № 4 (30). – С. 60-66
- 17 Ковальчук І. П. Гідроекологічний моніторинг [Текст]: навч. посібник / І. П. Ковальчук, Л. П. Курганевич. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 292 с. + 1,0 вкл.
- 18 Водоросли [Текст] : справочник / С. П. Вассер, Н. В. Кондратьева, Н. П. Масюк [и др.]. – К. : Наук. думка, 1989. – 606 с.
- 19 Баринава С. С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды [Текст] / С. С. Баринава, Л. А. Медведева, О. Н. Анисимова. – Тель-Авив : Pilies Studio, 2006. – 498 с.
- 20 Рачинська О. В. Біоіндикація якості морського довкілля Одеського регіону за показниками розвитку мікрофітобентосу [Текст] / О. В. Рачинська // Наукові

записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Біологія. Спеціальний випуск: Гідроекологія. – 2015. – № 3-4 (64). – С. 565-568

21 Бегун А. А. Биоиндикация качества морской среды по диатомовым водорослям в обрастании антропогенных субстратов [Текст] / А. А. Бегун, А. Ю. Звягинцев // Известия ТИНРО. – 2010. – Т. 161. – С. 177-198

22 Гусляков Н. Е. Атлас диатомовых водорослей бентоса северо-западной части Черного моря и прилегающих водоемов [Текст] / Н. Е. Гусляков, О. А. Закордонец, В. П. Герасимюк. – К. : Наукова думка, 1992. – 112 с.

23 Оксиук О. П. Методологические принципы оценки экологического состояния водных объектов по микрофитобентосу [Текст] / О. П. Оксиук, О. А. Давыдов // Гидробиологический журнал. – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 98-112

24 Рачинская А. В. Особенности структуры сообщества прибрежного микрофитобентоса в зоне влияния дренажных вод [Текст] / А. В. Рачинская // Екологічні проблеми Чорного моря : міжнародна науково-практична конференція (31 травня - 1 червня, 2007, Одеса) : зб. наук. ст. – Одеса : ІНБАЦ, 2007. – С. 276-280

25 Thain J. E. Biological effects of contaminants: Oyster (*Crassostrea gigas*) embryo bioassay [Text] / J. E. Thain // Techniques in marine environmental sciences : International Council for the Exploration of the sea : (Copenhagen, February, 1991). – Copenhagen, 1991. – № 11. – P. 3-10

26 Courtright Robert C. Formulation of a synthetic seawater for bioassays with *Mytilus edulis* embryos [Text] / C. Robert Courtright, Wilbur P. Breese, Hugo Krueger. // Water Research. – 1971. – Vol. 5. – P. 877-888

27 Jha Awadhesh N. Detection of genotoxins in the marine environment: adoption and evaluation of an integrated approach using the embryo-larval stages of the marine mussel, *Mytilus galloprovincialis* [Text] / Awadhesh N. Jha, Victoria V. Cheung, Michael E. Foulkes [et al.] // Mutation Research. – 2000. – 464. – P. 213-228

- 28 His Edouard. Monitoring fresh and brackish water quality around shellfish farming areas with a bivalve embryo and larva simplified bioassay method [Text] / Edouard His, Ricardo Beiras // *Oceanologica Acta*. – 1995. – Vol. 18, № 5. – P. 591-595
- 29 Красота Л. Л. Біотестування якості водного довкілля Малого Аджалицького лиману по показниках стану чорноморських мідій різних стадій розвитку // *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Річки та лимани Причорномор'я на початку XXI сторіччя»*; ОДЕКУ. – Одеса: ТЕС, 2019. – С. 91-93
- 30 Lowe D. M. Contaminant induced lysosomal membrane damage in blood cells of mussels *M. galloprovincialis* from the Venice Lagoon: an in vitro study [Text] / D. M. Lowe, V. U. Fossato and M. H. Depledge // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* – 1995. – 129. – P. 189-196
- 31 Depledge M. H. The conceptual basis of the biomarker approach [Text] / M. H. Depledge, J. J. Amaral-Mendes, B. Daniel [et al.] // *Biomarkers – Research and Application in the Assessment of Environmental Health*. – Springer ; Berlin ; Heidelberg, 1993. – P. 15-29
- 32 Lowe D. M. Lysosomal membrane responses in mussels to experimental contaminant exposure [Text] / D. M. Lowe, C. Soverchia, M. N. Moore // *Aquatic Toxicol.* – 1995. – 3. – P. 105-112
- 33 Moore M. N. Lysosomal and microsomal responses in *Littorina littorea*: further investigations of environmental effects in the vicinity of the Sullom Voe Oil Terminal and effects of experimental exposure to phenanthrene [Text] / M. N. Moore, R. K. Pipe, S. V. Farrar [et al.] // *Oceanic Processes in Marine Pollution – Biological Processes and Waste in the Ocean*. – Melbourne : Krieger Publishing, 1986. – Vol. 1. – P. 89-96
- 34 Воскресенский К. А. Пояс фильтраторов как биогидрологическая система моря [Текст] / К. А. Воскресенский // *Труды ГОИН*. – М. ; Л. : Гидрометеиздат, 1948. – Вып. 6 (18) – С. 55-120
- 35 Митилиды Черного моря [Текст] / В. Е. Заика, Н. А. Валовая, А.С. Повчун, Н. А. Ревков ; под отв. ред. В. Е. Заика ; АН УССР. Ин-т биологии южных морей им. А. О. Ковалевского. – К. : Наук. думка, 1990. – 208 с.

- 36 Костылев Э. Ф. О групповой вариабельности характера фильтрации у черноморских мидий [Текст] / Э. Ф. Костылев, Л. Л. Красота // Гидробиологический журнал АН УССР. – К., 1986. – 9 с. – Деп. в ВИНТИ 8.12.1986, № 8358-B86
- 37 Миронов Г. Н. Фильтрационная работа и питание мидий Черного моря. [Текст] / Г. Н. Миронов // Тр. Севастопольской биол. ст. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1948. – Т. 6. – С. 338-352
- 38 Бурдин К. С. Основы биологического мониторинга [Текст] / К. С. Бурдин. – М. : МГУ, 1985. – 158 с.
- 39 Лукьяненко В. И. Общая ихтиотоксикология [Текст] / В. И. Лукьяненко. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 320 с.
- 40 Руководство по методам химического анализа морских вод [Текст] : сборник / под ред. С. Г. Орадовского. – Л. : Гидрометеиздат, 1977. – 208 с.
- 41 Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов [Текст] : сборник / под ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовского. – М. : Наука, 1975. – С. 81-117
- 42 Рябушко Л. И. Сообщества диатомовых водорослей на раковинах моллюсков рода *Mytilus* L. [Текст] / Л. И. Рябушко, В. И. Рябушко // Альгология. – 1998. – Т. 8, № 3. – С. 254-259
- 43 Рябушко Л. И. Микрофитобентос бухты Казачья Черного моря (Украина) [Текст] / Л. И. Рябушко, В. И. Рябушко // Альгология. – 2001. – Т. 11, № 1. – С. 70-83
- 44 Неврова Е. Л. Донные диатомовые водоросли на рыхлых грунтах в глубоководной части устья Севастопольской бухты (Черное море) [Текст] / Е. Л. Неврова // Альгология. – 1999. – Т. 9, № 1. – С. 43-53
- 45 Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений [Текст] / под ред. А. В. Цыбань. – Л. : Гидрометеиздат, 1980. – С. 100-105, 166-177
- 46 Борисова Е. В. Разнообразие водорослей Украины [Текст] / Е. В. Борисова, Л. Н. Бухтиярова, С. П. Вассер [и др.] // Альгология. – 2000. – Т. 10, № 4. – С. 6-135

- 47 Рябушко Л. И. Атлас токсичных микроводорослей Черного и Азовского морей [Текст] / Л. И. Рябушко. – НИЦ Вооруженных Сил Украины «Государственный океанариум». – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – 140 с.
- 48 Information on algae that includes terrestrial, marine and freshwater organisms [Electronic resource] / Programming is by P. Kuipers, C. Guiry, M. Guiry, J. Guthrie; – AlgaeBase. – Режим доступа : www.algaebase.org. – 26.12.2019. – Title from the screen
- 49 List of names of marine organisms, including information on synonymy [Electronic resource] / David Berlind Editor in Chief ProgrammableWeb.com WoRMS; – World Register of Marine Species. – Режим доступа : <http://www.marinespecies.org>. – 24.12.2019. – Title from the screen
- 50 Окснюк О. П. Оценка состояния водных объектов Украины по гидробиологическим показателям. Бентос, перифитон и зоофитос [Текст] / О. П. Окснюк, Л. Н. Зимбалева, А. А. Протасов [и др.] // Гидробиологический журнал. – 1994. – Т. 30, № 4. – С. 31-35
- 51 Стрелков Р. Б. Метод вычисления стандартной ошибки и доверительных интервалов средних арифметических величин с помощью таблицы [Текст] / Р. Б. Стрелков. – Сухуми : Алашара, 1966. – 41с.
- 52 Ходаков И. В. Использование ранних стадий эмбрионального развития черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. для биотестирования природных и сточных вод [Текст] / И. В. Ходаков, С. Е. Дятлов, А. Г. Петросян // Гидробиологический журнал. – 1996. – Т. 32, № 5. – С. 67-77
- 53 Соловьева О. В. Роль митилид (Mollusca: Mytilidae) в процессах самоочищения морской воды от нефтяных углеводородов [Текст] / О. В. Соловьева // Экология моря. – 2007. – Вып. 73. – С. 91-100
- 54 Заика В. Е. Особенности фильтрации мидии в опытах с «Двуслойной водой» и влияние сезонного термоклина на мидийные поселения в Черном море [Текст] / В. Е. Заика // Мор. экол. журн. – 2007. –Т. VI, вып. № 2. – С. 39-43

- 55 Шульман Г. Е. Физиолого-биохимическая индикация и мониторинг состояния гидробионтов Черного моря [Текст] / Г. Е. Шульман // Гидробиологический журнал. – 1999. – Т. 35, № 1. – С. 42-52
- 56 Bayne B. L. Responses of *Mytilus edulis* L to Low Oxygen Tension. Acclimation of the Rate of Oxygen consumption [Text] / B. L. Bayne., D. R. Livingstone // J. Comp. Physiol. – 1977. – 114. – P. 29-142
- 57 Столбов А. Я. Респираторный метаболизм черноморских мидий *Mytilus galloprovincialis* в условиях дефицита кислорода (экспериментальные исследования) [Текст] / А. Я. Столбов, О. Ю. Вялова // Экология моря. – 2001. – Вып. 56. – С. 59-62
- 58 Сытник Н. А. О влиянии массы тела, температуры и солености воды на интенсивность дыхания устрицы (*Ostrea edulis*) [Текст] / Н. А. Сытник // Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах : мат. V Міжнародн. наук. конф. – Днепропетровск, 2009. – С. 88-89
- 59 Diaz J. R. Marine benthic hypoxia: a review its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna [Text] / J. R. Diaz, R. Rosenberg // Oceanography and Marine Biology Annual Review. – 1995. – 33. – P. 245-303
- 60 Famme P. Effect of shell valve closure by the mussel *Mytilus edulis* L. on the rate of oxygen consumption in declining oxygen tension [Text] / P. Famme // Comparative Biochemistry and Physiology. – 1980. – 67. – P. 167-170
- 61 West T. G. Metabolic suppression in anoxic frog muscle [Text] / T. G. West, R. G. Boutilier // Journal of Comparative Physiology. – 1998. – 168. – P. 273-280
- 62 Zwaan A. de. Anaerobic metabolism in Bivalvia (Mollusca). Characteristics of anaerobic metabolism [Text] / A. Zwaan de, A. Wijsman // Comparative Biochem. Physiology. – 1976. – 54B. – P. 313-324
- 63 Wu R Hypoxia: from molecular responses to ecosystem responses [Text] / R. Wu // Marine Pollution Bulletin. – 2002. – 45. – P.35-45
- 64 Кулаковский Э. Е. Рост мидии обыкновенной в Белом море в естественных условиях и в условиях марикультуры [Текст] / Э. Е. Кулаковский, А. А. Сухотин // Экология. – 1986. – № 2. – С. 35-43

- 65 Кулаковский Э. Е. Биологические основы марикультуры мидий в Белом море [Текст] / Э. Е. Кулаковский // Исследования фауны морей. – СПб : Наука, 2000. – Вып. 50(58). – 168 с.
- 66 Горомосова С. А. Дыхание и экскреция метаболитов как показатели функционирования популяции мидий [Текст] / С. А. Горомосова, В. А. Таможняя // IV Всесоюз. конф. по промысловым беспозвоночным : (апрель 1986 г., г. Севастополь) : тезисы докладов. / Министерство рыбного хозяйства СССР, Академия наук УССР. – М., 1986. – Ч. 2. – С. 206-207
- 67 Widdows J. Physiological measurement. [Text] / J. Widdows // The effect of stress and pollution on marine animals. – New York: Praeger Scientific, 1985. – P. 3-45
- 68 Брайко В. Д. Сезонные изменения в дыхании мидий [Текст] / В. Д. Брайко, С. С. Дерешкевич // Биология моря. – 1978. – Вып. 44. – С. 31-36
- 69 Горомосова С. А. Основные черты биохимии энергетического обмена мидий [Текст] / С. А. Горомосова, А. З. Шапиро. – М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1984. – 119 с.
- 70 Тимофеев В. В. Сезонные изменения скорости энергетического обмена черноморской мидии [Текст] / В. В. Тимофеев // IV Всесоюз. конф. по промысловым беспозвоночным : (апрель 1986 г., г. Севастополь) : тезисы докладов. / Министерство рыбного хозяйства СССР, Академия наук УССР. – М., 1986. – Ч. 2. – С. 300-301
- 71 Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь [Текст] / И. И. Дедю. – Кишинев : Гл. ред. молд. сов. энцикл., 1990. – 406 с.
- 72 Зайцев Ю. П. Ключевая роль контурных биотопов и их биоценозов в экологии морской среды [Текст] / Ю. П. Зайцев // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Біологія. Спеціальний випуск : Гідроекологія. – 2015. – № 3-4 (64). – С. 235-238
- 73 Кузьминова Н. С. Влияние сточных вод на морские водоросли [Текст] / Н. С. Кузьминова, И. И. Руднева // Альгология. – 2005. – Т. 15, № 1. – С. 128-141

- 74 Рябушко Л. И. Продукционные характеристики фитоперифитона экспериментальных стеклянных пластин и фитопланктона в Карантинной бухте (Крымское побережье Черного моря) [Текст]/ Л. И. Рябушко, Д. С. Балычева, В. Н. Поповичев [и др.] // Альгология. – 2014. – Т. 24, № 4. – С. 504-517
- 75 Рябушко Л. И. Сравнение видового состава и количественных характеристик диатомовых водоростей микрофитобентоса Крымского побережья Черного и Азовского морей [Текст] / Л. И. Рябушко, Р. И. Ли, А. В. Бондаренко, Д. С. Лохова // Диатомовые водоросли: морфология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия : материалы XII междунар. науч. конф. диатомологов : (19-24 сентября 2011 г., Москва). – М. : Университетская книга, 2011. – С. 202-205
- 76 Ковальчук Ю. Л. Диатомовые обрастания твердых субстратов [Текст] / Ю. Л. Ковальчук, Е. Л. Неврова, Е .А. Шалаева – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2008. – С. 38
- 77 Бодяну Н. Микрофитобентос [Текст] / Н. Бодяну // Основы биологической продуктивности Черного моря / под. отв. ред. В. В. Грезе. – К. : Наукова думка, 1979. – С. 109-122
- 78 Bodeanu N. Recherches sur le microphytobenthos du littoral roumain de la mer Noire [Текст] / N. Bodeanu // Rapp. Comm.int. Mer Medit. CIESM – Monaco, 1968. – 19. – Fasc. 2. – P. 205-207 – Режим доступа: http://ciesm.org/online/archives/abstracts/pdf/20/CIESM_Congress_1966_Bucarest_article_0160.pdf

ДОДАТОК А

ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД МІКРОФІТОБЕНТОСУ ВОДНИХ МАСИВІВ ЧОРНОГО МОРЯ

Таблиця А.1 – Видовий склад мікрофітобентосу водних масивів ПЗЧМ у 2020 році (л – літом, о – восени;
на жовтому тлі наведені назви потенційно токсичних водоростей)

№ з/П	Види та різновиди	Водні масиви										
		CW4	CW5					CW6			CW7	
		Пляж сmt Затока	Дача Ковлевського	Пляж «Аркадія»	Мис Малий Фонтан	Прибережжя сан.ім. Чкалова	Пляж «Дельфін»	Одеський порт	Лузанівка І	Лузанівка ІІ	Пляж м. Южне	Пляж с. Коблеве
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Відділ Cyanoprokaryota												
1	<i>Aphanizomenon flosaquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault, 1886	о			о							о
2	<i>Calothrix confervicola</i> C.Agardh ex Bornet & Flahault, 1886			л								

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	<i>C. scopulorum</i> C.Agardh ex Bornet & Flahault, 1886	о	о	л, о	л, о	л, о	л, о		о			о
4	<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli, 1849	о	о	л, о	л, о	л, о	л, о	о	о			о
5	<i>Ch. turgidus</i> (Kützing) Nägeli, 1849				о				о			
6	<i>Dolichospermum flosaquae</i> (Brébisson ex Bornet & Flahault) P.Wacklin, L.Hoffmann & J.Komárek, 2009											о
7	<i>Gloeocapsopsis crepidinum</i> (Thuret) Geitler ex Komárek, 1993	о	о	л, о	л, о	л, о	л, о	о	о		о	о
8	<i>Jaaginema kisselevii</i> (Anissimova) Anagnostidis & Komárek, 1988	о		л	л		л					о

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9	<i>Kamptonema laetevirens</i> (H.M.Crouan & P.L.Crouan ex Gomont) Strunecký, Komárek & J.Smarda, 2014				о							
10	<i>Leptolyngbya fragilis</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988	о	о	л, о	л, о	л, о	л, о	о	о	о	о	о
11	<i>Lyngbya confervoides</i> C.Agardh ex Gomont, 1892	о	о	л, о	л, о	л, о	л, о	о	о	о	о	о
12	<i>L. majuscula</i> Harvey ex Gomont, 1892					о						
13	<i>Merismopedia elegans</i> A.Braun ex Kützing, 1849						о		о	о		о
14	<i>M. glauca</i> (Ehrenberg) Kützing, 1845	о		о	л, о	л	л		о			о

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
15	<i>Microcystis sp.</i>	о	о	л, о	л, о	л, о	л, о	о	о	о	о	о
16	<i>Phormidium chalybeum</i> (Mertens ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988					о	о		о		о	о
17	<i>Ph. corallinae</i> (Gomont ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988				о							
18	<i>Ph. limosum</i> (Dillwyn) P.C.Silva 1996	о	о	о	о	о	о		о		о	о
19	<i>Ph. nigroviride</i> (Thwaites ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988			л	о	о		о				
20	<i>Pleurocapsa entophysaloides</i> Setchell & N.L.Gardner, 1918				о							

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
21	<i>Schizothrix septentrionalis</i> Gomont, 1899	о	о	л	л, о		л, о		о			
22	<i>Spirulina tenuissima</i> Kützing, 1836				л			о				
23	<i>Synechococcus</i> sp.			л								
	Всього ціанопрокаріот	11 о	8 о	11 л, 8 о	10 л, 15 о	7 л, 10 о	9 л, 10 о	7 о	12 о	4 о	6 о	13 о
Відділ Euglenophyta												
1	<i>Eutreptia lanovii</i> Steuer, 1904							о	о	о		
	Всього евгленових							1 о	1 о	1 о		
Відділ Dinophyta												
1	<i>Akashiwo sanguinea</i> (K.Hirasaka) Gert Hansen & Moestrup, 2000						о		о	о		
2	<i>Dinophysis sacculus</i> F.Stein, 1883						л					
3	<i>Dinophyta</i> sp.						о	о				

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh, 1881				о				о		о	о
5	<i>Durinskia agilis</i> (Kofoid & Swezy) Saburova, Chomérat & Hoppenrath, 2012			о			о		о	о		о
6	<i>Gymnodinium kowalevskii</i> Pitzik, 1967	о	о	л, о	о		л, о	о	о	о	о	о
7	<i>G. lacustre</i> J.Schiller, 1933											о
8	<i>G. wulffii</i> J.Schiller, 1933		о						о			
9	<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy, 1921									о		
10	<i>Kryptoperidinium triquetrum</i> (Ehrenberg) U.Tillmann, M.Gottschling, M.Elbrächter, W.H.Kusber & M.Hoppenrath, 2019			л, о		о		о	о			о

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
11	<i>Lingulodinium polyedra</i> (F.Stein) J.D.Dodge, 1989	о	о	о	о		о	о	о	о	о	о
12	<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ost.) Dodge, 1976	о		л, о	л, о	л, о	л, о	о	о	о	о	о
13	<i>P. micans</i> Ehrenberg, 1834	о			л, о		о	о	о	о	о	о
14	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech, 1974							о				
15	<i>P. steinii</i> (Jørgensen, 1899) Balech, 1974							о				
16	<i>Scrippsiella acuminata</i> (Ehrenberg) Kretschmann, Elbrächter, Zinssmeister, S.Soehner, Kirsch, Kusber & Gottschling, 2015	о		л, о	о			о	о	о	о	о

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
17	<i>Tripos furca</i> (Ehrenberg) F.Gómez, 2013											о
	Всього дінофітових	5 о	3 о	4 л, 6 о	2 л, 6 о	1 л, 2 о	3 л, 7 о	9 о	10 о	8 о	6 о	10 о
Відділ Cryptophyta												
1	<i>Hillea fusiformis</i> (J.Schiller) J.Schiller, 1925	о	о	л, о	л, о	л, о	л, о	о	о	о	о	о
	Всього криптофітових	1 о	1 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о	1 о	1 о	1 о	1 о	1 о
Відділ Chrysophyta												
1	<i>Coccolithus sp.</i>			л	л	л						
2	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler, 1967	о	о	л, о	л, о	л, о	л, о	о	о	о	о	о
3	<i>Syracolithus dalmaticus</i> (Kamp- tner) Leoblich Jr. & Tappan, 1966				л							

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Всього золотистих	1 о	1 о	2 л, 1 о	3 л, 1 о	2 л, 1 о	1 л, 1 о	1 о	1 о	1 о	1 о	1 о
Відділ Bacillariophyta												
1	<i>Achnanthes brevipes</i> C.Agardh, 1824		о	л, о	л, о	л, о	л, о	о			о	о
2	<i>A. longipes</i> C.Agardh, 1824			л	л, о	л, о		о			о	
3	<i>A. minutissima</i> var. <i>minutissima</i> Krasske, 1938			л	л		л, о				о	
4	<i>Amphora angusta</i> Gregory, 1857							о				
5	<i>A. arcus</i> Gregory, 1854				о			о			о	
6	<i>A. commutata</i> Grunow, 1880										о	
7	<i>A. ovalis</i> (Kützing) Kützing, 1844						л			о		
8	<i>A. proschkiniana</i> Gusliakov, 1987		о	л	л, о	о	л, о	о				
9	<i>A. proteus</i> Gregory, 1857		о		л, о	о		о		о	о	

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	<i>Bacillaria paxillifer</i> (O.F.Müller) T.Marsson, 1901				о			о			о	
11	<i>Berkeleya rutilans</i> var. <i>rutilans</i> (Trentepohl ex Roth) Grunow, 1880						л	о			о	
12	<i>Caloneis liber</i> (W.Smith) Cleve, 1894		о		л, о	о	о	о		о	о	о
13	<i>Carinasigma rectum</i> (Donkin) G.Reid, 2012		о		л, о	о		о			о	о
14	<i>Ceratoneis closterium</i> Ehrenberg, 1839	о	о	л, о	л, о	л, о	л, о	о	о		о	о
15	<i>Chaetoceros borgei</i> Lemmermann, 1904			л								
16	<i>Ch. curvisetus</i> Cleve, 1889			л								
17	<i>Ch. lorenzianus</i> Grunow, 1863						о					
18	<i>Cocconeis costata</i> W.Gregory, 1855	о	о	л, о	л, о	л, о	л, о	о	о	о	о	о

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
27	<i>Diatoma tenue</i> C.Agardh, 1812		о	л, о	л, о	л, о	л, о	о	о		о	
28	<i>D. vulgaris</i> Bory de Saint-Vincent, 1824	о	о		л	о	о	о		о	о	о
29	<i>D. vulgaris</i> var. <i>breve</i> Grunow, 1862	о	о	о		л, о	о		о	о	о	
30	<i>D. vulgaris</i> var. <i>lineare</i> Grunow, 1881						о					
31	<i>Diploneis</i> <i>oblongella</i> (Nägeli ex Kützing) Cleve- Euler, 1922		о						о	о		о
32	<i>Ditylum brightwellii</i> (T.West) Grunow, 1885			л								
33	<i>Fragilaria</i> <i>construens</i> (Ehrenberg) Grunow, 1862	о									о	
34	<i>Gomphonema</i> <i>olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson, 1838						о					

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
35	<i>G. parvulum</i> (Kützing) Kützing, 1849	о		о		о						
36	<i>Grammatophora</i> <i>marina</i> (Lyngbye) Kützing, 1844				л, о		л, о					о
37	<i>Gyrosigma</i> <i>acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst, 1853				о	о					о	
38	<i>G. prolongatum</i> (W.Sm.) (W.Smith) J.W.Griffith & Henfrey, 1856				л, о							
39	<i>Halamphora</i> <i>coffeaeformis</i> (C.Agardh) Levkov, 2009	о	о		л, о	о	л, о	о	о	о		о
40	<i>H. cymbifera</i> (Gregory) Levkov, 2009					о		о	о	о		о
41	<i>H. eunotia</i> (Cleve) Levkov, 2009		о				л	о				

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
42	<i>H. hyalina</i> (Kützing) Rimet & R. Jahn in Rimet et al., 2018				о			о				
43	<i>H. terroris</i> (Ehrenberg) Wang in Wang et al., 2014									о		
44	<i>Hyalodiscus</i> <i>scoticus</i> (Kützing) Grunow, 1879				л, о		л, о	о			о	о
45	<i>Leptocylindrus</i> <i>danicus</i> Cleve, 1889					о		о				
46	<i>Licmophora</i> <i>abbreviata</i> C.Agardh, 1831							о				
47	<i>L. ehrenbergii</i> (Kützing) Grunow, 1867						о					
48	<i>L. flabellata</i> (Grev.) C.Agardh, 1831				л		о	о				
49	<i>L. gracilis</i> (Ehren- berg) Grunov, 1867	о	о	л, о	л, о	л, о	л, о	о				

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	<i>L. ovulum</i> Mereschkovsky, 1902		о	о	л, о	л, о	о	о				
51	<i>L. paradoxa</i> (Lyngbye) C.Agardh, 1828						о					
52	<i>Lyrella atlantica</i> (Schmidt) D.G.Mann, 1990			л			л					
53	<i>Mastogloia pumila</i> Cleve, 1895								о			
54	<i>Melosira moniliformis</i> (O.F.Müller) C.Agardh, 1824					л, о					о	о
55	<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i> (Grunow) Hustedt, 1927					л, о	о	о			о	
56	<i>Navicula cancellata</i> Donkin, 1872	о	о		л, о		л, о		о	о	о	о

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
57	<i>N. cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs, 1861											о
58	<i>N. cryptocephala</i> Kützing, 1844	о	о	л	л, о	л, о	л, о	о	о		о	о
59	<i>N. digitoradiata</i> (Gregory) Ralfs, 1861				о							
60	<i>N. directa</i> (W.Smith) Ralfs in Pritchard, 1861			о	л, о	о	о	о			о	
61	<i>N. menisculus</i> Schumann, 1867										о	
62	<i>N. pennata</i> A.Schmidt, 1876		о	л, о	л, о	л, о	о	о			о	о
63	<i>N. peregrina</i> var. <i>peregrina</i> (Ehren- berg) Kützing, 1844		о			о	о				о	о
64	<i>N. ramosissima</i> (C.Agardh) Cleve, 1895	о	о	л, о	л, о	л, о	л, о	о	о	о	о	о

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
73	<i>N. obtusa</i> W.Smith, 1853				о			о			о	
74	<i>N. ovalis</i> H.J.Arnett, 1880					л						
75	<i>N. pusilla</i> Grunow, 1862					о	л	о				
76	<i>N. sigma</i> (Kützing) W.Smith, 1853				л, о		о	о			о	
77	<i>N. sigmoidea</i> (Nitzsch) W.Smith, 1853		о								о	
78	<i>N. vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch, 1860					о					о	о
79	<i>N. vitrea</i> G.Norman, 1861	о						о				
80	<i>Nitzschia sp.</i>				л							
81	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve, 1873		о		л	л, о		о				
82	<i>Parlibellus delognei</i> (Van Heurck) E.J.Cox, 1988	о	о				о					

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
83	<i>Petroneis humerosa</i> (Brébisson ex W.Smith) A.J.Stickle & D.G.Mann, 1990	o										
84	<i>Pleurosigma</i> <i>angulatum</i> (Queckett) W.Smith, 1852		o		o	o					o	
85	<i>P. elongatum</i> W.Smith, 1852				o	o						
86	<i>Pseudo-nitzschia</i> <i>delicatissima</i> (Cleve) Heiden, 1928	o	o		л, o		л	o				
87	<i>Rhoicosphenia</i> <i>abbreviata</i> (C.Agardh) Lange- Bertalot, 1980		o		o	o						
88	<i>Skeletonema</i> <i>costatum</i> (Greville) Cleve, 1873							o				

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
89	<i>Stauroneis simulans</i> (Donk.) Ross ex Hartley, 1986	о	о		л, о	л, о	о	о			о	о
90	<i>Staurophora salina</i> (W.Smith) Mereschkowsky, 1903						о				о	
91	<i>Stephanodiscus</i> <i>hantzschii</i> Grunow, 1880	о										
92	<i>Striatella delicatula</i> (Kützing) Grunow ex Van Heurck, 1881						о					
93	<i>S. interrupta</i> (Ehrenberg) Heiberg, 1863				л, о		л					
94	<i>S. unipunctata</i> (Lyngbye) C.Agardh, 1832			л	л		л, о					

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
95	<i>Synedra crystallina</i> (C.Agardh) Kützing 1844				л			о				
96	<i>S. pulchella</i> Kützing, 1844							о				
97	<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams & Round, 1986	о	о	л, о	л, о	л, о	о	о			о	о
98	<i>T. gaillonii</i> (Bory de Saint- Vincent) Bukhtiyarova, 1995				л, о			о				
99	<i>Thalassiosira baltica</i> (Grunow) Ostenfeld, 1901	о	о	о	л, о	л, о	о	о			о	
100	<i>Th. eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve, 1904	о						о				
101	<i>Th. parva</i> Proschkina- Lavrenko, 1955						о					

Кінець таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	<i>Chlorella sp.</i>											о
3	<i>Chlorophyta sp.</i>								о			
4	<i>Coelastrum micro- porum</i> Nägeli in A.Braun, 1855								о			
5	<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korsch.) Hindak, 1970		о	л	л	л	л, о	о			о	о
6	<i>Oocystis borgei</i> J.W.Snow, 1903						л					
	Всього зелених	1 о	1 о	1 л	1 л	1 л	2 л, 1 о	1 о	2 о		1 о	2 о
	Інші види											
1	<i>Flagellata sp.</i>	о	о	л, о	л, о	л, о	л, о	о	о	о	о	о
	Всього флагеллят	1 о	1 о	2 л, 1 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о	1 л, 1 о	1 о	1 о	1 о	1 о	1 о
	Разом видів мікрофітобентосу	44 о	47 о	43 л, 34 о	56 л, 67 о	32 л, 56 о	40 л, 64 о	70 о	40 о	30 о	62 о	54 о